

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

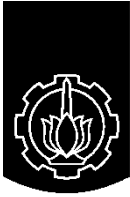
TUGAS AKHIR - TE141599

**ANALISIS KEDIP TEGANGAN AKIBAT GANGGUAN HUBUNG
SINGKAT DI PT CHANDRA ASRI DAN PT TRI POLYTA**

Dhimas Dwi Sumarsono Syaputra
NRP 2212100047

Dosen Pembimbing
Dr.Eng. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng.
Ir. Sjamsjul Anam, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE141599

**VOLTAGE SAG ANALYSIS DUE SHORT CIRCUIT DISTURBANCE
IN PT. CHANDRA ASRI AND PT. TRI POLYTA**

Dhimas Dwi Sumarsono Syaputra
NRP 2212100047

Advisor

Dr.Eng. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng.
Ir. Sjamsjul Anam, MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**ANALISIS KEDIP TEGANGAN AKIBAT GANGGUAN HUBUNG
SINGKAT DI PT CHANDRA ASRI DAN PT TRI POLYTA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

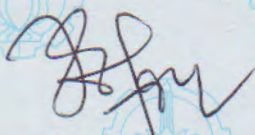
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga

Jurusan Teknik Elektro

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I,



Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng.

NIP. 19730927 199803 1 004

Dosen Pembimbing II,



Ir. Siamjul Anam, MT.

NIP. 19630725 199003 1 002



ANALISIS KEDIP TEGANGAN AKIBAT GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DI PT CHANDRA ASRI DAN PT TRI POLYTA

Dhimas Dwi Sumarsono Syaputra
2212100047

Dosen Pembimbing 1 : Dr.Eng. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng.

Dosen Pembimbing 2 : Ir. Sjamsjul Anam, MT.

ABSTRAK

Kedip tegangan (*Voltage Sag*) merupakan salah satu jenis gangguan yang dapat menurunkan kualitas daya pada sistem distribusi, karena pada umumnya variasi tegangan yang timbul karena adanya kedip tegangan pada sistem distribusi akan mempengaruhi kinerja yang sangat sensitif terhadap adanya perubahan tegangan. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk menganalisa terjadinya kedip tegangan pada penyulang di PT Chandra Asri dan PT Tri Polyta yang ditimbulkan karena adanya gangguan hubung singkat, jenis gangguan hubung singkat yang sering terjadi adalah gangguan satu fasa ke tanah, fasa-fasa dan tiga fasa. Simulasi yang digunakan menggunakan analisis *transient* akibat gangguan hubung singkat. Dari hasil simulasi transien akibat gangguan hubung singkat 3 fasa maupun 1 fasa ke tanah, diketahui bahwa besar kedip tegangan akan semakin besar di bus-bus yang dekat dengan titik gangguan tersebut, kemudian nilai kedip tegangan akan mengecil seiring dengan jauhnya bus-bus yang lain dengan titik gangguan tersebut.

Kata Kunci : Kedip Tegangan, Hubung Singkat, Transien

**VOLTAGE SAG ANALYSIS DUE SHORT CIRCUIT
DISTURBANCE IN PT CHANDRA ASRI AND PT TRI POLYTA**

Dhimas Dwi Sumarsono Syaputra
2212100047

1st Advisor : Dr.Eng. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng.
2nd Advisor : Ir. Sjamsjul Anam, MT.

ABSTRACT

Voltage Dips (Voltage Sag) is one type of interference that can degrade the quality of the power distribution system, because in general the voltage variations arising due to the pulsating voltage on the distribution system will affect the performance very geographically sensitive to a change of voltage. This thesis aims to analyze the occurrence of the pulsating voltage on the feeder in PT Chandra Asri and PT Tri Polyta posed for their short circuit, the type of short circuit which often happens is a disorder of the phase to ground, phase-phase and three-phase. Simulations were used using transient analysis due to short circuit. From the simulation of transients due to short circuit of 3 phase or 1-phase to ground, it is known that a large pulsating tension will be even greater in the buses are close to the point of such interference, then the value of the pulsating voltage will shrink along with away the buses other the point of the disorder.

Keywords : *Voltage Sag, Short Circuit, Transient*

DAFTAR ISI

	HALAMAN
JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Relevansi	4
 BAB 2 DASAR TEORI	
2.1 Klasifikasi Kestabilan	5
2.1.1 Kestabilan Frekuensi	5
2.1.2 Kestabilan Sudut Rotor	5
2.1.3 Kestabilan Tegangan	6
2.2 Standar Tegangan	7
2.2.1 Standar Kedip Tegangan	8
2.3 Definisi Kedip Tegangan (Voltage Sag)	8
2.3.1 Tegangan Kedip Akibat Hubung Singkat	9
2.3.2 Tegangan Kedip Akibat Pengasutan Motor Induksi ...	11
2.4 Monitoring Tegangan Kedip	12
2.5 Aliran Daya	13
2.6 Hubung Singkat	13
2.6.1 Macam-macam Hubung Singkat	14

BAB 3 SISTEM KELISTRIKAN PT. CHANDRA ASRI DAN PT. TRI POLYTA

3.1 Sistem Kelistrikan pada PT. Chandra Asri 17

3.1.1 Distribusi Daya Listrik PT. Chandra Asri 19

3.1.2 Klasifikasi Beban PT. Chandra Asri 21

3.1.3 Beban Prioritas PT. Chandra Asri 28

3.2 Sistem Kelistrikan pada PT. Tri Polyta 29

3.2.1 Distribusi Daya Listrik PT. Tri Polyta 31

3.2.2 Klasifikasi Beban PT Tri Polyta 32

BAB 4 SIMULASI DAN ANALISA

4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PT. Chandra Asri dan PT. Tri Polyta 37

4.2 Tipikal 39

4.2.1 Tipikal 1 Network-3 39

4.2.2 Tipikal 2 Network-3 40

4.2.3 Tipikal 3 Network-3 41

4.2.4 Tipikal 4 Network-3 42

4.2.5 Tipikal 1 Polyethylene 43

4.2.6 Tipikal 2 Polyethylene 44

4.2.7 Tipikal 3 Polyethylene 45

4.2.8 Tipikal 1 OLV 1 46

4.3 Studi Kasus 47

4.4 Analisa Simulasi Transien 48

4.4.1 Studi Kasus 1 48

4.4.2 Studi Kasus 2 50

4.4.3 Studi Kasus 3 51

4.4.4 Studi Kasus 4 52

4.4.5 Studi Kasus 5 55

4.4.6 Studi Kasus 6 56

4.4.7 Studi Kasus 7 57

4.4.8 Studi Kasus 8 57

BAB 5 PENUTUP

5.1. Kesimpulan 59

5.2. Saran 59

DAFTAR PUSTAKA 61

BIODATA PENULIS 63

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 Definisi Voltage Magnitude Event berdasarkan Standar IEEE 1159-195.....	7
Gambar 2.2 Standar Kedip Tegangan SEMI F47-0706	8
Gambar 2.3 <i>Voltage Sag</i> Karena Hubung Singkat	10
Gambar 2.4 Hubung Singkat 3 Fasa Simetri.....	15
Gambar 2.5 Hubung Singkat 3 Fasa ke Tanah	15
Gambar 2.6 Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	15
Gambar 2.7 Hubung Singkat Antar Fasa	15
Gambar 2.8 Hubung Singkat Antar Fasa ke Tanah.....	16
Gambar 3.1 Single line diagram PT Chandra Asri.....	18
Gambar 3.2 Single line diagram PT Tri Polyta	30
Gambar 3.3 Single line diagram PT Chandra Asri integrasi PT Tri Polyta.....	36
Gambar 4.1 Single line diagram PT Chandra Asri integrasi PT Tri Polyta	37
Gambar 4.2 Tipikal 1 Network-3	39
Gambar 4.3 Tipikal 2 Network-3	40
Gambar 4.4 Tipikal 3 Network-3	41
Gambar 4.5 Tipikal 4 Network-3	42
Gambar 4.6 Tipikal 1 Polyethylene.....	43
Gambar 4.7 Tipikal 2 Polyethylene	44
Gambar 4.8 Tipikal 3 Polyethylene.....	45
Gambar 4.9 Tipikal 1 OLV 1.....	46
Gambar 4.10 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC1	48
Gambar 4.11 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC1 setelah diberi CLR (Current Limiting Reactor).....	49
Gambar 4.12 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC2	50
Gambar 4.13 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC2 setelah diberi CLR (Current Limiting Reactor).....	51
Gambar 4.14 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC3	52
Gambar 4.15 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC4	53

Gambar 4.16	Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC4 setelah diberi CLR (Current Limiting Reactor)	54
Gambar 4.17	Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC4 setelah diberi CLR (Current Limiting Reactor)	54
Gambar 4.18	Respon Tegangan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah SC5	55
Gambar 4.19	Respon Tegangan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah SC6	56
Gambar 4.20	Respon Tegangan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah SC7	57
Gambar 4.21	Respon Tegangan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah SC8	58

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 3.1 Daftar Transformator Daya di PT. Chandra Asri	20
Tabel 3.2 Data Motor Pada Feeder Main Utility 1	22
Tabel 3.3 Data Beban Lump Pada Feeder Main Utility 1	23
Tabel 3.4 Data Motor Pada Feeder Main Utility 2	24
Tabel 3.5 Data Beban Lump Pada Feeder Main Utility 2	24
Tabel 3.6 Data Motor Pada Feeder Ethylene	25
Tabel 3.7 Data Lump Pada Feeder Ethylene	26
Tabel 3.8 Data Motor Pada Feeder Polyethylene	27
Tabel 3.9 Data Lump Pada Feeder Polyethylene	27
Tabel 3.10 Data Motor Pada Tank Yard 1	28
Tabel 3.11 Data Lump Pada Tank Yard 1	28
Tabel 3.12 Data Motor Pada Tank Yard 2	29
Tabel 3.13 Data Lump Pada Tank Yard 2	29
Tabel 3.14 Daftar Transformator Daya di PT. Tri Polyta	32
Tabel 3.15 Data Motor Pada Substation ISBL	33
Tabel 3.16 Data Lump Pada Substation ISBL	33
Tabel 3.17 Data Motor Pada Substation OSBL	33
Tabel 3.18 Data Lump Pada Substation OSBL	34
Tabel 3.19 Data Motor Pada Substation TRAIN 3	34
Tabel 3.20 Data Lump Pada Substation TRAIN 3	34
Tabel 3.21 Data Motor Pada Substation BTF	35
Tabel 3.22 Data Lump Pada Substation BTF	35
Tabel 4.1 Data Pembangkitan	38
Tabel 4.2 Data Pembebanan	38
Tabel 4.3 Setting CB Tipikal 1 Network-3	40
Tabel 4.4 Setting CB Tipikal 2 Network-3	41
Tabel 4.5 Setting CB Tipikal 3 Network-3	42
Tabel 4.6 Setting CB Tipikal 4 Network-3	43
Tabel 4.7 Setting CB Tipikal 1 Polyethylene	44
Tabel 4.8 Setting CB Tipikal 2 Polyethylene	45
Tabel 4.9 Setting CB Tipikal 3 Polyethylene	46
Tabel 4.10 Setting CB Tipikal 1 OLV 1	46
Tabel 4.11 Studi Kasus Hubung Singkat	47

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Chandra Asri dan PT. Tri Polyta merupakan dua perusahaan yang memproduksi bahan kimia berupa resin propylene. Sebagai penunjang keberlangsungan proses produksi, maka suplai energy listrik yang kontinyu dan andal merupakan hal yang sangat penting bagi dua perusahaan tersebut. Pada PT. Chandra Asri suplai energy yang dimiliki berasal dari dua pembangkit; STG (Steam Turbin Generator) dan GTG (Gas Turbin Generator) dengan total kapasitas 53 MW dan PLN dari GI Asahimas 150 kV sebagai suplai backup nya. Sedangkan pada PT. Tri Polyta suplainya berasal dari PLN dari GI Asahimas 150 kV. Pada kondisi saat ini, PT. Chandra Asri bergabung manajemen dengan PT. Tri Polyta. Mengingat kondisi suplai energy listrik dari PT. Chandra Asri berlebih, maka PT. Chandra Asri berencana untuk menyalurkan energy tersebut pada PT. Tri Polyta dengan mengintegrasikan suplai PLN dan dua generatornya. Sehingga pada akhirnya beban akan disuplai oleh PT. Chandra Asri dan suplai PLN untuk PT. Tri Polyta akan diputus.

Voltage Sags merupakan permasalahan serius pada sistem tenaga listrik, khususnya pada proses operasionalisasi industry yang berskala besar. Hal ini seringkali menjadi permasalahan tersendiri bagi kedua belah pihak yang terlibat dalam proses transaksi pengadaan tenaga listrik, yakni pihak PT. PLN sebagai pemasok, dengan masyarakat/industry sebagai konsumen. Pihak konsumen, dalam hal ini industry berskala besar, seringkali merasa dirugikan akibat kualitas tenaga listrik yang tidak memenuhi persyaratan untuk menjalankan mesin-mesin produksi yang ada. Kasus yang seringkali terjadi pada industry berskala besar, khususnya pada industry yang menggunakan mesin-mesin produksi yang sangat sensitive terhadap penurunan tegangan adalah tidak beroperasinya mesin-mesin produksi tersebut secara normal, sehingga akan menghasilkan produk industry yang cacat (tidak sesuai dengan yang diharapkan), akibatnya banyak perusahaan skala besar yang mengalami kerugian sebagai dampak terjadinya *voltage sags* ini.

Dalam penyaluran energi listrik pada sistem distribusi baik di jaringan tegangan menengah maupun jaringan tegangan rendah perlu dijaga nilai kualitas dari daya yang akan disalurkan. Hal tersebut

dilakukan untuk menjaga nilai dari mutu listrik yang akan dihasilkan agar tetap memiliki kualitas tegangan yang baik. Kedip tegangan dan tegangan membengkak dapat menyebabkan peralatan yang sensitif (seperti dijumpai dalam semi konduktor atau pabrik bahan kimia) gagal atau *shut down* serta menciptakan ketidak-seimbangan arus yang besar yang bisa memutuskan sekering atau *trip circuit breaker*. Efek ini bisa sangat mahal untuk pelanggan, mulai dari tingkat kualitas daya yang kecil sampai tingkat yang dapat mematikan produksi dan merusak peralatan.

Gangguan 1 fasa ke tanah, fasa-fasa dan 3 fasa (yang bersifat sementara) adalah gangguan hubung singkat yang sering terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik yang menyebabkan penurunan tegangan dalam waktu yang relatif singkat dan bisa disebut kedip tegangan. Peristiwa ini meskipun berlangsung dalam waktu yang relatif singkat, dapat memberikan dampak tidak berfungsinya peralatan elektronika yang sensitif dan peka terhadap variasi tegangan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diangkat sebagai permasalahan-permasalahan seperti bagaimanakah alternatif terbaik untuk mengantisipasi masalah *voltage sags* akibat hubung singkat. Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Berapakah besarnya kedip tegangan akibat adanya gangguan pada sistem distribusi di PT. Chandra Asri dan PT. Tri Polyta?
2. Bagaimana respon tegangan saat terjadinya hubung singkat?
3. Bagaimanakah solusi yang tepat dalam mengatasi timbulnya fenomena *voltage sags* di PT. Chandra Asri dan PT. Tri Polyta?
4. Menganalisa dan mensimulasikan kedip tegangan yang terjadi akibat gangguan hubung singkat.

1.3 Pembatasan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas di tugas akhir ini akan dibatasi pada lingkup :

1. Pembahasan hanya terfokus pada injeksi tegangan pada gangguan kedip tegangan tidak seimbang.
2. Gangguan yang dibahas yaitu gangguan satu fasa ke tanah dan gangguan 3 fasa.
3. Simulasi dan analisa menggunakan software ETAP 12.6.0.

4. Studi kasus ini tidak membahas mengenai mekanisme kerja perlatan yang digunakan untuk mengatasi dampak *voltage sags*
5. Tegangan kedip yang dihasilkan akibat gangguan *short circuit*

1.4 Tujuan

Dengan pembuatan simulasi dan analisa *voltage sags* diharapkan dapat mengetahui akibat dan karakteristik dari *voltage sags* yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat. Selain itu diharapkan pula akan diketahui beberapa hal sebagai berikut :

1. Mengetahui dampak yang disebabkan oleh *voltage sags* yang diakibatkan oleh gangguan hubung singkat
2. Solusi yang paling sesuai dengan kondisi plant, sehingga selanjutnya dapat meminimalkan semua dampak negatif yang muncul
3. Mengetahui besarnya kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat

1.5 Metodologi

1. Studi Literatur
Melakukan pengumpulan yang dibutuhkan, dalam hal ini adalah buku-buku atau paper yang berhubungan dengan permasalahan mengenai arus hubung singkat, setting rele pengaman, dan gangguan kedip tegangan pada sistem kelistrikan
2. Simulasi dan Permodelan
Simulasi dan permodelan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan *software* ETAP. Setelah dilakukan studi literatur, maka akan dibuat permodelan sistem kelistrikan PT Chandra Asri dan PT Tri Polyta.
3. Analisa
Dari hasil simulasi akan didapat data-data yang diperlukan dan kemudian dilakukan analisa apa saja dampak yang bisa terjadi akibat terjadinya gangguan kedip tegangan pada sistem kelistrikan.
4. Kesimpulan
Penarikan kesimpulan dari hasil simulasi dan analisa yang dilakukan.
5. Pembuatan Laporan Tugas Akhir

Melakukan penulisan laporan yang menunjukkan hasil akhir dari tugas akhir ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk pembahasan yang lebih rinci, laporan tugas akhir ini disusun dalam lima bab. Bab pertama merupakan pendahuluan. Bab ini berisi uraian latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, metodologi, sistematika penulisan, serta relevansi.

Selanjutnya bab kedua berisi teori dasar yang menunjang tugas akhir, antara lain adalah teori tentang tegangan kedip, hubung singkat, transien, gangguan 1 phasa ketanah dan 3 phasa.

Bab ketiga yaitu pemodelan sistem dan penerapan metode. Pada bab ini membahas cara pemodelan sistem untuk perhitungan, serta penjabaran mengenai metode yang akan digunakan saat perhitungan untuk simulasi.

Bab keempat yaitu Simulasi pada Plan dan Analisa Data. Pada bab keempat ini menyimulasikan metode yang telah dirancang ke plan yang sudah ditentukan sejak awal. Analisis hasil simulasi juga akan dijelaskan pada bab ini. Analisis hasil simulasi meliputi analisis tegangan kedip terhadap hubung singkat.

Bab terakhir yaitu bab 5 merupakan penutup yang berisi kesimpulan dan analisis dari penelitian yang sudah dilakukan, sehingga akan diketahui pemodelan sistem yang paling baik. Serta akan diberikan saran dan kritik sebagai masukan tentang hal-hal yang telah dilakukan.

1.7 Relevansi

Hasil yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah untuk mengetahui besarnya kedip tegangan akibat adanya gangguan hubung singkat dan memperbaiki tegangan sistem dan mengoptimalkan kerugian yang diukur secara finansial dari sisi konsumen di PT Chandra Asri dan PT Tri Polyta.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Klasifikasi Kestabilan

Berdasarkan paper IEEE *Transactions On Power Systems* dengan judul *Definition and Classification of Power System Stability*, kestabilan sistem tenaga listrik dikategorikan menjadi tiga, yaitu [1]:

1. Kestabilan frekuensi
2. Kestabilan sudut rotor
3. Kestabilan tegangan

2.1.1 Kestabilan Frekuensi

Kestabilan frekuensi merupakan kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan kestabilan frekuensi ketika terjadi gangguan sistem yang besar akibat ketidakseimbangan antara suplai daya dan beban. Biasanya gangguan ini berupa perubahan pembangkit atau beban yang signifikan[2]. Titik keseimbangan antara suplai daya sistem dan beban harus dipertahankan untuk menjaga sistem dari *generator outage*. Klasifikasi kestabilan frekuensi diklasifikasikan menjadi 2 yaitu jangka panjang dan jangka pendek. Kestabilan frekuensi jangka panjang disebabkan oleh kontrol *governor* tidak bekerja ketika terdapat gangguan. Rentang waktu fenomena jangka panjang yaitu puluhan detik hingga beberapa menit. Kestabilan frekuensi jangka pendek adalah terjadinya perubahan beban yang besar sehingga generator tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan daya pada sistem.

2.1.2 Kestabilan Sudut Rotor

Kestabilan sudut rotor merupakan kemampuan dari beberapa mesin sinkron yang saling terinterkoneksi pada suatu sistem tenaga untuk mempertahankan kondisi sinkron setelah terjadi gangguan. Kestabilan ini berkaitan dengan kemampuan untuk mempertahankan keseimbangan antara torsi elektromagnetik dan torsi mekanik pada masing masing mesin. Ketidakstabilan tersebut dapat mengakibatkan berubahnya kecepatan sudut ayunan generator sehingga generator mengalami hilang sinkronisasi dengan generator yang lain. Hal tersebut disebabkan daya output dari generator berubah sesuai dengan berubahnya sudut rotor. Kestabilan sudut rotor akibat gangguan besar merupakan kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan

sinkronisasi ketika sistem mengalami gangguan berat, seperti hubung singkat pada saluran transmisi. Respon sudut rotor generator mengalami penyimpangan dan dipengaruhi oleh ketidaklinieran hubungan sudut daya. Studi stabilitas transien memiliki kurun waktu 3-5 detik setelah gangguan. Untuk sistem yang sangat besar dengan ayunan antar wilayah yang dominan maka kurun waktu dapat diperpanjang menjadi 10-20 detik. Kestabilan sudut rotor kecil dan kestabilan transien dikategorikan sebagai fenomena jangka pendek. Kestabilan sudut rotor akibat gangguan kecil merupakan kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan kesinkronan akibat gangguan kecil [1]. Studi kestabilan ini mempunyai kurun waktu 10-20 detik setelah gangguan dan tergantung pada operasi awal sistem. Ketidakstabilan ini terjadi akibat dua hal antara lain kurangnya torsi sinkronisasi dan kurangnya torsi damping.

2.1.3 Kestabilan Tegangan

Kestabilan tegangan adalah kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan kestabilan tegangan pada semua bus dari sistem tenaga setelah mengalami gangguan. Hal ini bergantung pada kemampuan untuk mempertahankan kesetimbangan antara *supply* daya pembangkit dan beban. Biasanya gangguan yang terjadi adalah lepasnya beban yang signifikan dan lepasnya generator sehingga tegangan menjadi drop [1]. Kestabilan tegangan dipengaruhi oleh gangguan besar dan gangguan kecil dalam jangka pendek serta jangka lama.

Kestabilan tegangan gangguan besar adalah kemampuan dari sistem tenaga untuk menjaga tegangan *steady* setelah mengalami gangguan besar seperti *generator outage* atau hilangnya pembangkitan dan *short circuit*[1]. Penentuannya dengan pengujian pada sistem tenaga selama periode waktu tertentu untuk mengamati interaksi dan kinerja peralatan *tap changer* trafo, dan pengaman sistem tenaga listrik ketika terjadi gangguan. Kestabilan tegangan gangguan kecil yaitu kemampuan untuk mempertahankan tegangan sistem tenaga listrik ketika terjadi gangguan kecil seperti terjadi perubahan beban kecil. Kestabilan tegangan gangguan kecil digunakan sebagai evaluasi tegangan sistem merespon perubahan kecil beban listrik. Gangguan kestabilan tegangan jangka pendek mengakibatkan kedip tegangan (*voltage sags*) dan kenaikan tegangan (*swells*). Kedip Tegangan (*voltage Sag*) adalah fenomena penurunan *magnitude* tegangan efektif terhadap harga nominalnya selama periode antara 0,5 cycle hingga 1 menit. Kenaikan

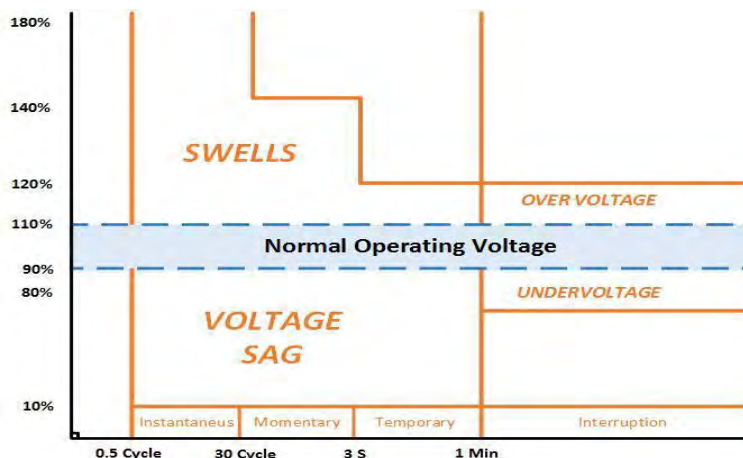
Tegangan merupakan fenomena peningkatan *magnitude* tegangan efektif terhadap harga nominalnya dengan durasi antara 0,5cycle hingga 1 menit. Gangguan kestabilan tegangan jangka panjang mengakibatkan tegangan lebih (*overvoltage*) dan tegangan kurang (*undervoltage*). Tegangan lebih merupakan peningkatan nilai efektif tegangan hingga melebihi 110% dari tegangan nominal ketika melebihi satu menit. Tegangan kurang merupakan penurunan nilai efektif tegangan hingga melebihi 90% dari tegangan nominal ketika melebihi satu menit.

2.2 Standar Tegangan

Dalam standart tegangan dipakai 2 standart. Ketika tegangan sistem sudah stabil maka standart tegangan yang dipakai adalah standart PLN yaitu:

- 500 kV + 5%, -5%
- 150 kV + 5%, -10%
- 70 kV + 5%, -10%
- 20 kV + 5%, -10%

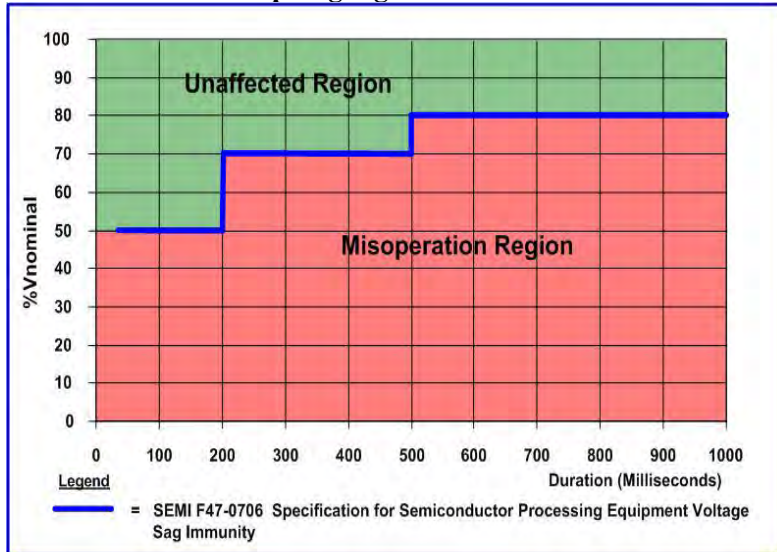
Sedangkan untuk kedip tegangan dipakai standart IEEE 1159-195. Untuk standart kedip tegangan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 2.1 Definisi *Voltage Magnitude Event* berdasarkan Standar IEEE 1159-195

Pada gambar 2.1 menunjukkan standart IEEE 1159-195. Kedip tegangan yang diijinkan hanya 10 %. Untuk instantaneous selama 30 cycle, untuk momentary 3 detik, dan untuk temporary 1 menit. [3].

2.2.1 Standar Kedip Tegangan



Gambar 2.2 Standar Kedip Tegangan SEMI F47-0706

2.3 Definisi Kedip Tegangan (*Voltage Sag*)

Voltage sag adalah reduksi singkat dalam tegangan rms, disebabkan oleh hubung singkat, overloads, dan arus starting motor besar. Voltage sags dianggap penting terutama karena menyebabkan masalah pada beberapa peralatan seperti VSD, peralatan proses control, dan computer. Kedip tegangan (*Voltage Sag*) merupakan salah satu jenis gangguan yang dapat menurunkan kualitas daya pada sistem distribusi, karena pada umumnya variasi tegangan yang timbul karena adanya kedip tegangan pada sistem distribusi akan mempengaruhi kinerja yang sangat sensitif terhadap adanya perubahan tegangan. Tegangan kedip di sistem dapat terjadi akibat oleh beban industri yang dapat menimbulkan fluktuasi tegangan di antaranya *arc furnace*, *arc welders*, *steel rolling mills*, serta asut motor-motor besar dan gangguan hubung singkat di sistem. Tegangan kedip akibat beban industri umumnya berfluktuasi dan

biasa disebut kedip atau *flicker*. Tegangan kedip akibat asut motor-motor besar di industri dan tegangan kedip akibat gangguan hubung singkat di sistem tenaga umumnya hanya terjadi selama beberapa milidetik dan kemudian tegangan normal kembali. Gejala terakhir ini dikenal sebagai tegangan kedip (*voltage sag* atau *voltage dip*).

Kedip tegangan biasanya disebabkan oleh sumber gangguan, seperti gangguan hubung singkat satu-fasa ke tanah [3]. Kedip tegangan dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu : pertama, adanya gangguan hubung singkat pada jaringan tenaga listrik itu sendiri; kedua, adanya perubahan beban secara mendadak (seperti : switching beban dan pengasutan motor induksi). Penurunan tegangan pada sistem ini akan dapat menyebabkan gangguan pada peralatan lain, terutama peralatan-peralatan yang peka terhadap fluktuasi tegangan.

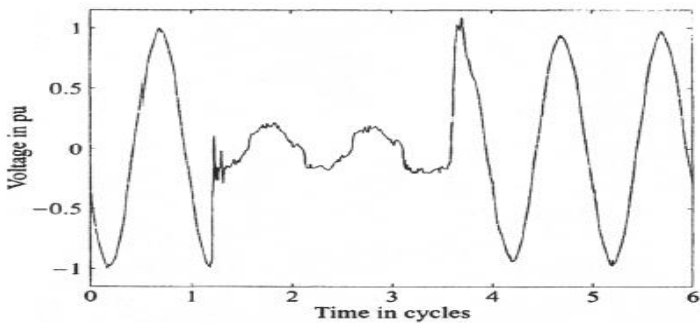
Kedip tegangan berbeda dengan tegangan kurang (*under voltage*). Durasi *under voltage* lebih dari 1 menit dan dapat dikontrol dengan peralatan regulasi tegangan (*voltage regulator*). Dip tegangan dapat disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut, diantaranya:

1. Secara umum disebabkan oleh gangguan pada sistem, seperti gangguan hubung singkat. Gangguan yang sering terjadi pada sistem adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.
2. Pemikulan beban yang besar atau pengasutan motor berkapasitas besar.
3. Sesuatu yang terjadi pada saluran penyaluran daya, seperti kecelakaan saat perbaikan dalam keadaan bertegangan, sambaran petir (*lightning strike*) dan benda jatuh yang menyebabkan gangguan ke tanah.
4. Perubahan beban yang berlebihan/di luar batas kemampuan sistem daya

Perubahan beban besar secara mendadak atau pengasutan motor (*motor starting*) juga dapat menyebabkan dip tegangan.

2.3.1 Tegangan Kedip Akibat Hubung Singkat

Contoh dari *voltage sag* karena hubung singkat ditunjukkan pada gambar 2.3:



Gambar 2.3 *Voltage Sag* Karena Hubung Singkat

Amplitudo tegangan menurun ke nilai sekitar 20% dari tegangan pra-sag selama sekitar dua cycle. Setelah dua siklus ini tegangan datang kembali ke sekitar nilai tegangan pra-sag. Nilai ini dan durasi ini adalah karakteristik utama dari voltage sag. Voltage sags ini adalah yang menyebabkan sebagian besar peralatan trip. Tapi juga arus starting motor induksi menyebabkan tegangan sags. Tegangan rms biasanya dihitung setiap siklus atau setengah-siklus dari frekuensi sistem tenaga. Voltage sags karena arus start motor induksi lebih lama daripada karena hubung singkat. Jangka waktu typical hingga puluhan detik.

Hubung singkat adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (resistor/beban) yang semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Tenaga listrik yang disalurkan kepada konsumen melalui sistem tenaga listrik, sistem tenaga Listrik terdiri dari beberapa subsistem, yaitu pembangkitan, transmisi, dan distribusi. Tenaga listrik disalurkan ke masyarakat melalui jaringan distribusi. Oleh karena itu, jaringan distribusi merupakan bagian jaringan listrik yang paling dekat dengan masyarakat. Jaringan distribusi dikelompokkan menjadi 8 dua, yaitu jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder. Tegangan distribusi primer yang dipakai PLN adalah 20 kV, 12 kV, 6 kV. Pada saat ini, tegangan distribusi primer yang cenderung dikembangkan oleh PLN adalah 20 kV. Tegangan pada jaringan distribusi primer, diturunkan oleh gardu distribusi menjadi tegangan rendah yang besarnya adalah 380/220 V,

dan disalurkan kembali melalui jaringan tegangan rendah kepada konsumen.

Dalam pengoperasiannya sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen, gangguan tersebut merupakan penghalang dari suatu sistem yang sedang beroperasi untuk menyalurkan energi listrik. suatu gangguan di dalam peralatan listrik didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan di dalam jaringan listrik yang menyebabkan aliran arus listrik keluar dari saluran yang seharusnya. berdasarkan *ANSI/IEEE Std. 100-1992*, gangguan didefinisikan sebagai suatu kondisi fisis yang disebabkan oleh kegagalan suatu perangkat, komponen, atau suatu elemen untuk bekerja sesuai dengan fungsinya. gangguan yang sering ditimbulkan yaitu gangguan hubung singkat antar fase atau hubung singkat fase ke tanah [4].

Hubung singkat merupakan suatu hubungan abnormal (termasuk busur api) pada impedansi yang relatif rendah terjadi secara kebetulan atau disengaja antara dua titik yang mempunyai potensial yang berbeda. istilah gangguan atau gangguan hubung singkat digunakan untuk menjelaskan suatu hubungan singkat. Untuk mengatasi gangguan tersebut, perlu dilakukan analisis hubung singkat sehingga sistem proteksi yang tepat pada sistem tenaga listrik dapat ditentukan. Analisis hubung singkat adalah analisis yang mempelajari kontribusi arus gangguan hubung singkat yang mungkin mengalir pada setiap cabang didalam sistem (di jaringan distribusi, transmisi, trafo tenaga atau dari pembangkit) sewaktu gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam sistem tenaga listrik [5].

Gangguan hubung singkat menyebabkan terjadinya interupsi kontinuitas pelayanan daya kepada para konsumen apabila gangguan itu sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian (*circuit*) atau menyebabkan keluarnya satu unit pembangkit, penurunan tegangan yang cukup besar menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik dan merintangi kerja normal pada peralatan konsumen, pengurangan stabilitas sistem dan menyebabkan kerusakan pada peralatan. gangguan dapat terdiri dari gangguan temporer atau permanent. Kebanyakan gangguan temporer di amankan dengan dengan circuit breaker (CB) atau pengaman lainnya. gangguan permanent adalah gangguan yang menyebabkan kerusakan permanent pada sistem. seperti kegagalan isolator, kerusakan penghantar, kerusakan pada peralatan seperti

transformator atau kapasitor. Pada saluran bawah tanah hampir semua gangguan adalah gangguan permanen. kebanyakan gangguan peralatan akan menyebabkan hubung singkat. gangguan permanen hampir semuanya menyebabkan pemutusan/gangguan pada konsumen.

Menurut standart *IEC 909* dan standar yang terkait mengklasifikasikan arus hubung singkat dengan besarnya (maksimum dan minimum) dari jarak titik lokasi. arus hubung singkat maksimum menentukan rating peralatan, sementara itu arus hubung singkat minimum menentukan pengaturan alat proteksi. standar ini adalah kalkulasi dari hubung singkat dan rating peralatan dengan rating tegangan sistem sampai 240 kV dan frekuensi dari 50-60 Hz. yang meliputi gangguan 3 fasa, gangguan fasa-fasa, dan 1 fasa ke tanah [7]

2.3.2 Tegangan Kedip Akibat Pengasutan Motor Induksi

Upaya yang dapat dilakukan untuk menanggulangi kedip tegangan yang terjadi pada saat *starting* motor antara lain berdasarkan simulasi yang dilakukan :

1. Membatasi arus *start*

Pada saat dilakukan *starting* motor, motor akan menarik arus *start* yang besar. Dengan besarnya arus yang mengalir pada jaringan sistem, maka akan terjadi kedip tegangan yang besar pula. Dengan dibatasinya arus yang ditarik oleh motor, maka kedip yang terjadi akan dapat dimimalisir. Hal ini terlihat dari tabel 3.9 dan 3.10 simulasi berbagai skenario.

2. Menambah kapasitas daya suplai

Kedip tegangan yang terjadi saat pengasutan motor dapat diminimalisir dengan menambah kapasitas daya suplai saat dilakukan pengasutan jika dimungkinkan. Hal ini seperti yang ditunjukkan pada table 3-9 dan 3.10. Penambahan kapasitas daya suplai sistem dapat dilakukan dengan cara mengaktifkan genset back up.

Motor listrik AC (sangkar tupai dan sinkron), menarik arus start tegangan penuh sebesar 5 – 10 kali arus nominal beban penuh agar dapat memperoleh torsi starting/peng-asutan cukup untuk mulai berputar. Adanya arus start besar yang secara tiba-tiba ditarik dari sistem tenaga listrik dapat menyebabkan kedip tegangan sesaat. Akibat yang merugikan karena terjadinya kedip tegangan antara lain :

1. Torsi transien shaft pada motor, yang dapat menyebabkan stress yang berlebihan pada sistem mekanik.
2. Drop tegangan yang berlebihan, yang dapat menghambat akselerasi motor dari kondisi diam ke kecepatan penuhnya.
3. Mal-fungsi dari kinerja peralatan-peralatan lain, seperti : rele, kontaktor, peralatan elektronik, komputer (media penyimpan data), dan terjadinya flicker pada penerangan yang dapat mengganggu.

2.4 Monitoring Tegangan Kedip

Besarnya voltage sag dapat ditentukan dalam beberapa cara. Cara paling monitoring paling umum adalah memperoleh besarnya sag dari rms tegangan. Tapi Ada beberapa cara alternatif mengukur tingkat tegangan. Dua contoh yang nyata adalah besaran fundamental (komponen frekuensi listrik) dari tegangan dan tegangan puncak lebih setiap siklus atau setengah siklus.

Selama tegangan sinusoidal, tidak peduli apakah tegangan rms, tegangan fundamental, atau tegangan puncak digunakan untuk memperoleh besar sag. Tetapi terutama selama tegangan sag ini tidak terjadi. Karena voltage sag terjadi durasi yang pendek, kurva rms tegangan tidak memiliki bagian datar yang spesifik. Hal ini membuat penentuan besarnya voltage sag agak berubah-ubah. Jika monitor mengambil satu sampel setiap setengah-siklus voltage sag besarnya dihasilkan dapat diantara 26% dan 70% tergantung pada saat dimana sampel diambil. Dalam kasus jendela satu-siklus digunakan untuk menghitung rms tegangan, situasi menjadi lebih buruk. Ada berbagai cara memperoleh nilai besarnya voltage sag dari besarnya sebagai fungsi waktu.

Kebanyakan monitor mengambil nilai terendah. Ini sesuai dengan asumsi bahwa peralatan trip seketika saat tegangan turun di bawah nilai tertentu. Seperti kebanyakan, voltage sags memiliki lebih nilai konstan rms selama bagian dalam dari penurunan, menggunakan nilai terendah muncul asumsi diterima.

2.5 Aliran Daya

Studi aliran daya adalah penentuan tegangan, arus, daya, dan faktor daya atau daya reaktif pada berbagai titik dalam jaringan listrik dalam keadaan yang sedang berlangsung atau yang diharapkan untuk

operasi normal. Secara ringkas kegunaan studi aliran daya antara lain adalah:

1. Mengetahui tegangan bus (magnitude dan sudut)
2. Mengetahui daya pada bus (P, Q) dan *power factor* pada bus
3. Mengetahui pembebanan saluran dan transformator
4. Mengetahui *line losses* dan total *system loss*
5. Mengetahui besar aliran dari P dan Q , dan arus yang lewat

Untuk perhitungan aliran daya terdapat dua buah metoda perhitungan yang populer digunakan yaitu metode aliran daya *Gauss-Seidel* dan *Newton-Rhapson* [8]

2.6 Hubung Singkat

Dalam operasi sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan-gangguan yang dapat mengganggu penyaluran daya listrik ke konsumen. Berdasarkan ANSI/IEEE Std. 100-1992 gangguan didefinisikan sebagai suatu kondisi fisis yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen, atau suatu elemen untuk bekerja sesuai dengan fungsinya. Gangguan hampir selalu ditimbulkan oleh hubung singkat antar fase atau hubung singkat fase ke tanah. Suatu gangguan hampir selalu berupa hubung langsung atau melalui impedansi.

Hubung singkat merupakan suatu hubungan abnormal (termasuk busur api) pada impedansi yang relatif rendah terjadi secara kebetulan atau disengaja antara dua titik yang mempunyai potensial yang berbeda. Istilah gangguan atau gangguan hubung singkat digunakan untuk menjelaskan suatu hubungan singkat. Penyebab hubung singkat dibedakan menjadi penyebab internal dan eksternal. Penyebab internal hubung singkat antara lain :

- Peralatan Rusak
- Saluran Transmisi Putus
- Kemunduran Isolasi pada Generator, Trafo, Kabel dll
- Umur Isolasi
- Desain Impedansi
- Kesalahan Instalasi

Sedangkan penyebab eksternal hubung singkat antara lain :

- Kegagalan Isolasi akibat surja petir
- Overloading Peralatan akibat pemanasan
- Kerusakan Mekanik karena manusia

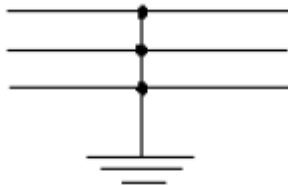
2.6.1 Macam-macam Hubung Singkat

- a. Gangguan shunt (hubung singkat)
1. Hubung singkat 3 fasa simetri
 - Tiga fasa (L-L-L) 5%



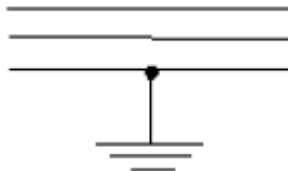
Gambar 2.4 Hubung Singkat 3 Fasa Simetri

- Tiga fasa ke tanah (L-L-L-G)



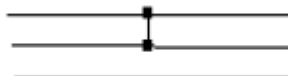
Gambar 2.5 Hubung Singkat 3 Fasa ke Tanah

2. Hubung singkat tidak simetri
 - Satu fasa ke tanah (1L-G) 70%



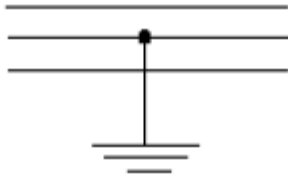
Gambar 2.6 Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

- Antar fasa (L-L) 15%



Gambar 2.7 Hubung Singkat Antar Fasa

- Antar phasa ke tanah (2L-G) 10%



Gambar 2.8 Hubung Singkat Antar Phasa ke Tanah

- b. Gangguan seri (hubungan terbuka)
 1. Satu saluran terbuka (1L-0)
 2. Dua saluran terbuka (2L-0)
 3. Impedansi seri tak seimbang
- c. Gangguan simultan
 1. shunt -shunt
 2. shunt -seri
 3. seri –seri

BAB 3

SISTEM KELISTRIKAN

PT. CHANDRA ASRI DAN PT. TRI POLYTA

PT Chandra Asri Petrochemical adalah nama baru setelah PT Chandra Asri dan PT Tri Polyta melakukan *merger* menjadi satu perusahaan. Merupakan perusahaan petrokimia terbesar dan terintegrasi secara vertikal di Indonesia dengan fasilitas-fasilitasnya. Jantung Operasi perusahaan adalah *Lummus Naphtha Cracker* yang menghasilkan *Ethylene*, *Propylene*, *Mixed C4*, dan *Pyrolysis Gasoline (Py-Gas)* berkualitas tinggi untuk Indonesia serta pasar ekspor regional.

PT. Chandra Asri adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi bahan kimia seperti polyethylene, ethylene dan amoniak. Sedangkan pada PT. Tri Polyta merupakan perusahaan yang memproduksi bahan-bahan plastik. Pada awalnya dua perusahaan tersebut berdiri sendiri pada manajemen masing-masing, dan disuplai oleh pembangkit masing-masing. Karena PT. Chandra Asri membeli PT. Tri Polyta, maka PT. Chandra Asri berencana untuk mengoptimalkan pemakaian pembangkit listrik yang dimilikinya dengan cara menyuplai seluruh beban listrik PT. Tri Polyta dan memutuskan kontrak daya PLN dari PT. Tri polyta.

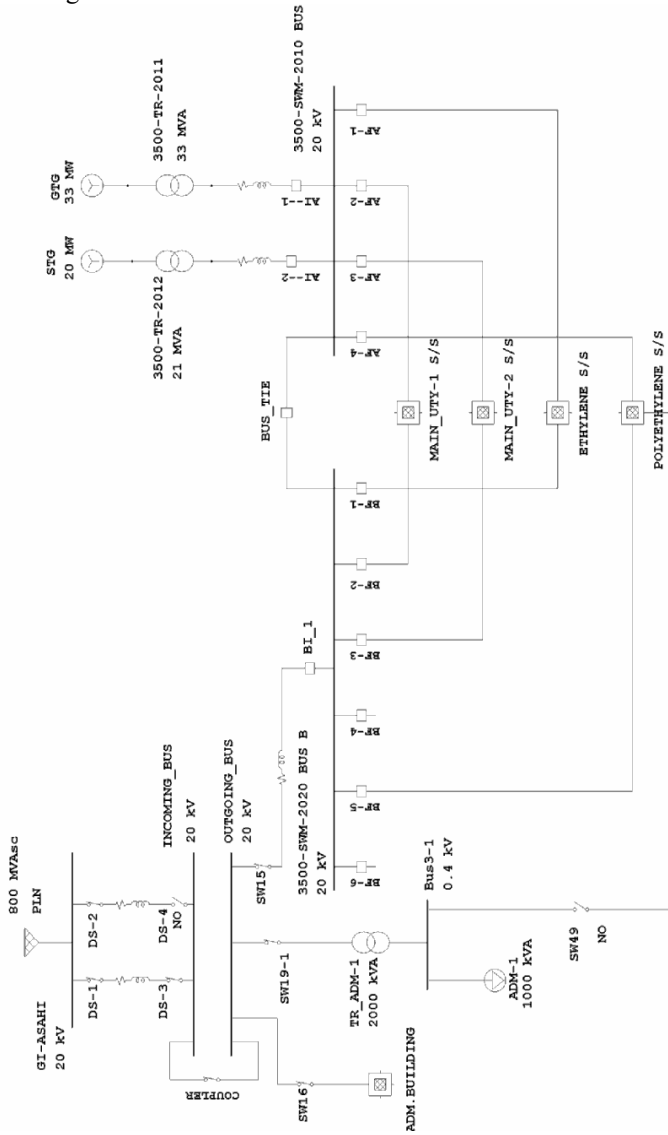
Suplai utama yang dimiliki oleh PT. Chandra Asri adalah berasal dari dua buah generator yaitu GTG (Gas Turbin Generator) dengan kapasitas 33 MW dan STG (Steam Turbin Generator) dengan kapasitas 20 MW. Suplai cadangan yang akan mensuplai PT. Chandra Asri dan PT. Tri Polyta adalah berasal dari PLN (GI ASAHIMAS 20 kV) 150 kV dengan kontrak daya 30 MVA dan akan dinaikkan menjadi 60 MVA.

3.1 Sistem Kelistrikan pada PT. Chandra Asri

Sistem kelistrikan yang ada pada PT. Chandra Asri terdiri atas pembangkit, penyalur dan beban. Pembangkit listrik yang dimilikinya adalah sebagai berikut:

1. GTG (Gas Turbin Generator) dengan kapasitas 33 MW
2. STG (Steam Turbin Generator) dengan kapasitas 20 MW
3. PLN (GI ASAHIMAS 20 kV) dengan kapasitas 60 MVA

Dibawah ini merupakan single line diagram PT Chandra Asri sebelum di integrasikan :



Gambar 3.1 Single line diagram PT. Chandra Asri sebelum integrasi

3.1.1 Distribusi Daya Listrik PT. Chandra Asri

Sistem distribusinya terbagi atas 3 klarifikasi tegangan, antara lain sebagai berikut:

1. Distribusi tegangan 20 kV
Tegangan pada proses pembangkitan oleh STG dan GTG didapatkan sebesar 11 kV yang kemudian dinaikkan dengan menggunakan dua buah transformator TR-2012 dan TR-2011 menjadi tegangan 20 kV. Dari hasil tegangan 20 kV akan disalurkan ke empat feeder utama beban PT. Chandra Asri
2. Distribusi tegangan 6 kV
Tegangan sebesar 6 kV didapatkan dari hasil penurunan tegangan dari 20 kV ke 6 kV melalui transformator yang digunakan oleh tiap main feeder yaitu 3510-TR-6001A dan 3510-TR-6001B, 3510-TR-6002A dan 3510-TR-6002B, 3530-TR-6001A dan 3530-TR-6001B, 9500-TR-6001A dan 9500-TR-6001B. Tegangan 6 kV ini digunakan untuk menyuplai beban motor-motor dengan daya besar yang terhubung pada main feeder. Selain itu juga digunakan untuk keperluan distribusi pada beban dengan tegangan 0,4 kV.
3. Distribusi tegangan 0,4 kV
Tegangan sebesar 0,4 kV didapatkan dari hasil penurunan tegangan dari tegangan 6 kV menjadi 0,4 kV dengan menggunakan transformator. Tegangan 0,4 kV ini digunakan untuk menyuplai beban motor-motor dengan daya kecil dan untuk penerangan serta keperluan administrasi PT. Chandra Asri.

Dari uraian klasifikasi tegangan diatas dapat disimpulkan bahwa transformator merupakan alat yang penting untuk menunjang proses distribusi daya listrik di PT. Chandra Asri. Dibawah ini merupakan daftar transformator yang terdapat di PT. Chandra Asri:

Tabel 3.1 Daftar Transformator Daya di PT. Chandra Asri

No	ID Trafo	Kapasitas (kVA)	Tegangan (kV)	Terhubung pada bus
1	TR-2011	33000	11 ke 20	bus A-SWM-2010
2	TR-2012	21000	11 ke 20	bus A-SWM-2010
3	TR-ADM-1	1000	20 ke 0,4	bus 3-1
4	3510-TR-6001B	15000	20 KE 6	bus 154-1
5	3510-TR-6001A	15000	20 ke 6	bus -A-1
6	3510-TR-6002B	15000	20 ke 6	bus 3510-SWM-B
7	3510-TR-6002A	15000	20 ke 6	bus 3510-SWM-A
8	3530-TR-6001B	16000	20 ke 6	bus 3530-SWM-B
9	3530-TR-6001A	16000	20 ke 6	bus 3530-SWM-A
10	9500-TR-6001B	20000	20 ke 6	bus 9500-SWM-B
11	9500-TR-6001A	20000	20 ke 6	bus 9500-SWM-A
12	TR ADM	1000	20 ke 0,4	bus 3-1
13	3531-TR-3801	630	6 ke 0,4	bus 201
14	3512-TR-3801B	630	6 ke 0,4	bus 203
15	3510-TR-3801A	1600	6 ke 0,4	bus 195
16	3510-TR-3801B	1600	6 ke 0,4	bus 205
17	3511-TR-3801A	1000	6 ke 0,4	bus 196
18	3511-TR-3801B	1000	6 ke 0,4	bus 204
19	3512-TR-3801A	530	6 ke 0,4	bus 197
20	3513-TR-3801	630	6 ke 0,4	Bus198
21	3514-TR-3801	1000	6 ke 0,4	bus 202
22	3515-TR-3801	1250	6 ke 0,4	bus 200

Tabel 3.1 Daftar Transformator Daya di PT. Chandra Asri (Lanjutan)

No	ID Trafo	Kapasitas (kVA)	Tegangan (kV)	Terhubung pada bus
23	3530-TR-3801A	1250	6 ke 0,4	bus 3530-SWL-3801
24	3530-TR-3801B	1250	6 ke 0,4	bus 3530-SWL-3801B
25	3530-TR-3802A	1250	6 ke 0,4	bus 3530-SWL-3802A
26	3530-TR-3802B	1250	6 ke 0,4	bus 3530-SWL-3802B
27	3530-TR-3803	1600	6 ke 0,4	bus 3530-SWL-3803
28	9500-TR-3801A	1600	6 ke 0,4	bus 9500-SWL-3801A
29	9500-TR-3801B	1600	6 ke 0,4	bus 9500-SWL-3801B
30	9500-TR-3802A	1600	6 ke 0,4	bus 9500-SWL-3802A
31	9500-TR-3802B	1600	6 k3 0,4	bus 9500-SWL-3802B
32	9500-TR-3803B	1000	6 ke 0,4	bus 9500-SWL-3803B
33	TR-2	600	6 ke 0,4	bus 156
34	TR-1	800	6 ke 0,4	bus 19-1
35	TR3803A-C2	1200	6 ke 0,75	bus 37-1
36	TR-3803A-C1	1200	6 ke 0,75	bus 35-1

3.1.2 Klasifikasi Beban PT. Chandra Asri

Produk yang dihasilkan berupa bahan kimia yang meliputi *ammonia*, *ethylene*, *polyethylene*. Dalam proses produksi bahan kimia terdapat alur-alur yang membutuhkan kontinuitas daya listrik yang baik dan stabil, karena apabila suplai terputus maka akan mengakibatkan penurunan kualitas hasil produksi. Selain itu juga dapat membahayakan lingkungan sekitar. Oleh karena itu PT. Chandra Asri mengklasifikasikan beban-beban prioritas dan non prioritas melalui pembagian 4 main feeder.

Daftar main feeder yang terdapat pada Single Line Diagram PT. Chandra Asri:

1. Main Utility 1 (dari transformator 3510-TR-6001A dan B)
2. Main Utility 2 (dari transformator 3510-TR-6002A dan B)
3. Ethylene (dari transformator 3530-TR-6001A dan B)
4. Polyethylene (dari transformator 9500-TR-6001A dan B)

1. Feeder Main Utility 1

Main utility 1 bekerja pada tegangan 6 kV, yang terdiri dari bus 154-1 yang disuplai dari transformator 3510-TR-6001 B dan bus A-1 yang disuplai dari transformator 3510-TR-6001A. Pada main utility berfungsi untuk menyuplai beban-beban seperti CCR, WWT, CW/SW, Water Treatment, Admin serta Tank Yard Ammonia yang merupakan beban prioritas yang ada pada PT. Chandra Asri. Pada tank yard ammonia, suplai kelistrikan tidak diperbolehkan untuk terputus, jika terputus maka alat pengaman tangki seperti control suhu, tekanan dan lain sebagainya akan mati. Jika control tersebut mati maka dapat menimbulkan bahaya ledakan.

Beban mayoritas yang ada pada feeder main utility 1 berupa motor dengan tegangan kerja 6 kV dan 0,4 kV serta lump yang terdiri dari motor berkapasitas kecil dan beban-beban lampu.

Berikut data beban yang ada pada feeder main utility 1. Pada tabel 3.2 menunjukkan data beban motor, sedangkan pada tabel 3.3 menunjukkan data lump.

Tabel 3.2 Data Motor Pada Feeder Main Utility 1

No	ID Motor	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
1	GB-5101C-M	6	725
2	GA-4101D-M	6	1900
3	GA-9002A-M	6	500
4	GB-5101B-M	6	725
5	GA-4101C-M	6	1900
6	GA-4102B-M	6	1900
7	GA-4202B-M	6	185
8	GB-2001B-M	6	355
9	GA-4001D-M	6	2200
10	GB-5101E-M	6	725
11	GB-2001A-M	6	355

Tabel 3.2 Data Motor Pada Feeder Main Utility 1 (Lanjutan)

No	ID Motor	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
12	GA-2001C-M	6	355
13	GA-4001C-M	6	2200
14	GB-5101D-M	6	725

Tabel 3.3 Data Beban Lump Pada Feeder Main Utility 1

No	ID Lump	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kVA)
1	Berth_C	6	200
2	CCR	0,4	630
3	Lump 39-1	0,4	1000
4	CW/SW	0,4	630
5	Water Treatment	0,4	1000
6	Lump-*6	0,4	1600
7	CW/SW.	0,4	630
8	Lump *8	0,4	1000
9	Lump 39	0,4	1250
10	ADMIN	6	1000
11	Main Utility	0,4	1600

2. Feeder Main Utility 2

Feeder Main Utility 2 bekerja pada tegangan 6 kV, yang terdiri dari bus 3510-SWM-6002-B yang mendapatkan suplai dari transformator 3510-TR-6002-B dengan kapasitas 15 MVA dan bus 3510-SWM-6002-A yang mendapatkan suplai dari transformator 3510-SWM-6002-A dengan kapasitas 15 MVA. Feeder main utility menyuplai beban motor untuk penunjang proses produksi dan lump yang mempresentasikan beban motor dan beban lain.

Berikut data beban yang ada pada feeder main utility 2. Pada tabel 3.4 menunjukkan data beban motor, sedangkan pada tabel 3.5 menunjukkan data lump.

Tabel 3.4 Data Motor Pada Feeder Main Utility 2

No	ID Motor	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
1	GA-5101E-M	6	725
2	GB-5101D-M	6	725
3	GA-4001C-M	6	2200
4	GA-2002C-M	6	355
5	GB-2001A-M	6	355
6	GB-2001B-M	6	355
7	GA-4001O-M	6	2200
8	GA-4202B-M	6	185
9	GA-4102B-M	6	1900

Tabel 3.5 Data Beban Lump Pada Feeder Main Utility 2

No	ID Lump	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kVA)
1	N2- Generation	6	2000
2	Chlorinator	6	532

3. Feeder Ethylene

Feeder Ethylene bekerja pada tegangan 6 kV, yang terdiri dari bus 3530-SWM-6001A yang mendapatkan suplai dari transformator 3530-TR-6001 A dengan kapasitas daya 16 MVA dan bus 3530-SWM-6001 B yang mendapatkan suplai dari transformator 3530-TR-6001 B dengan kapasitas daya 16 MVA. Pada Feeder ini menyuplai kebutuhan beban untuk proses produksi dari bahan kimia berupa ethylene. Beban-beban tersebut adalah motor dan lump.

Berikut data beban yang ada pada Feeder Ethylene. Pada tabel 3.6 menunjukkan data beban motor, sedangkan pada tabel 3.7 menunjukkan data lump.

Tabel 3.6 Data Motor Pada Feeder Ethylene

No	ID Motor	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kVA)
1	GA-1202B-M	6	170
2	GA-701C-M	6	1500
3	GA-4118-M	6	240
4	GA-301B-M	6	250
5	GB-117-M	6	200
6	GB-116-M	6	200
7	GA-108C-M	6	730
8	GB-107-M	6	355
9	GB-106-M	6	355
10	GA-101C-M	6	1650
11	GB-301-M	6	3910
12	GA-101B-M	6	1650
13	GB-102-M	6	190
14	GB-103-M	6	355
15	GB-104-M	6	355
16	GB-105-M	6	355
17	GB-108B-M	6	730
18	GB-110-M	6	255
19	GB-113-M	6	200
20	GB-114-M	6	220
21	GB-115-M	6	200
22	GA-301A-M	6	250
23	GA-411A-M	6	240

Tabel 3.6 Data Motor Pada Feeder Ethylene (Lanjutan)

No	ID Motor	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kVA)
24	GB-901-M	6	155
25	GA-1202A-M	6	170

Tabel 3.7 Data Lump Pada Feeder Ethylene

No	ID Lump	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
1	Lump 304	0,4	1250
2	Lump 303	0,4	1250
3	Lump 306	0,4	1250
4	Lump 305	0,4	1250
5	Lump 307	0,4	1600

4. Feeder Polyethylene

Feeder Polyethylene bekerja pada tegangan 6 kV, yang terdiri dari bus 9500-SWM-6001-A yang mendapatkan suplai dari transformator 9500-TR-6001-A dengan kapasitas daya 20 MVA dan bus 9500-SWM-6001-B yang mendapatkan suplai dari transformator 9500-TR-6001-B dengan kapasitas daya 20 MVA. Feeder ini menyuplai beban-beban untuk proses produksi bahan kimia berupa Polyethylene. Beban-beban tersebut merupakan motor dan lump.

Untuk menyuplai beban berupa motor khusus yaitu motor YM-7004 dan motor YM-7007, diperlukan penurunan tegangan kerja dari tegangan 6 kV menjadi 0.75 kV.

Berikut data beban yang ada pada Feeder Polyethylene. Pada tabel 3.8 menunjukkan data beban motor, sedangkan pada tabel 3.9 menunjukkan data lump.

Tabel 3.8 Data Motor Pada Feeder Polyethylene

No	ID Motor	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
1	KM-8024	6	200
2	KM-8006	6	200
3	KM-5206	6	420
4	YM-7001	6	5800
5	KM-4003	6	3800
6	YM-7501	6	4200
7	KM-2504	6	210
8	KM-2505	6	210
9	GM-4502	6	300
10	GM-4521	6	180
11	GM-4602	6	370
12	GM-4621	6	200
13	KM-5601	6	1100
14	SM-6612	6	170
15	YM-7004	0.75	800
16	YM-7007	0,75	180

Tabel 3.9 Data Lump Pada Feeder Polyethylene

No	ID Lump	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
1	LUMP_3801A	0,4	1600
2	LUMP_3801B	0,4	1600

Tabel 3.9 Data Lump Pada Feeder Polyethylene (Lanjutan)

No	ID Lump	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
3	LUMP_3802A	0,4	1600
4	LUMP_3802B	0,4	1600
5	LUMP_3803B	0,4	1000

3.1.3 Beban Prioritas PT. Chandra Asri

Beban prioritas memerlukan prioritas kontinuitas daya listrik yang baik dan stabil. Beban prioritas pada PT. Chandra Asri yaitu tank yard ammonia yang merupakan beban penting yang harus dijaga kontinuitas suplai kelistrikannya. Apabila suplai terpusus maka alat pengaman tangki seperti control suhu dan tekanan akan mati dan hal ini dapat menyebabkan ledakan.

Pada PT. Chandra Asri terdapat dua beban tank yard ammonia yaitu tank yard 1 dan tank yard 2. Kedua beban tank yard ini terletak pada feeder main utility 1. Beban tank yard 1 mendapat suplai listrik dari bus 3154-SWM-6001, sedangkan beban tank yard 2 mendapatkan suplai listrik dari bus 102-3.

Pada table 3.10 dan 3.11 menunjukkan data-data beban motor dan lump pada tank yard 1, sedangkan pada table 3.12 dan 3.13 menunjukkan data-data beban motor dan lump pada tank yard 2.

Tabel 3.10 Data Motor Pada Tank Yard 1

No	ID Motor	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
1	GA-180A-M	6	290
2	GA-1808B-M	6	290

Tabel 3.11 Data Lump Pada Tank Yard 1

No	ID Lump	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kVA)
1	Lump 39-1	0,4	1000
2	Berth_C	6	200

Tabel 3.12 Data Motor Pada Tank Yard 2

No	ID Motor	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
1	GA-1803A-M	6	185
2	GA-1803B-M	6	185

Tabel 3.13 Data Lump Pada Tank Yard 2

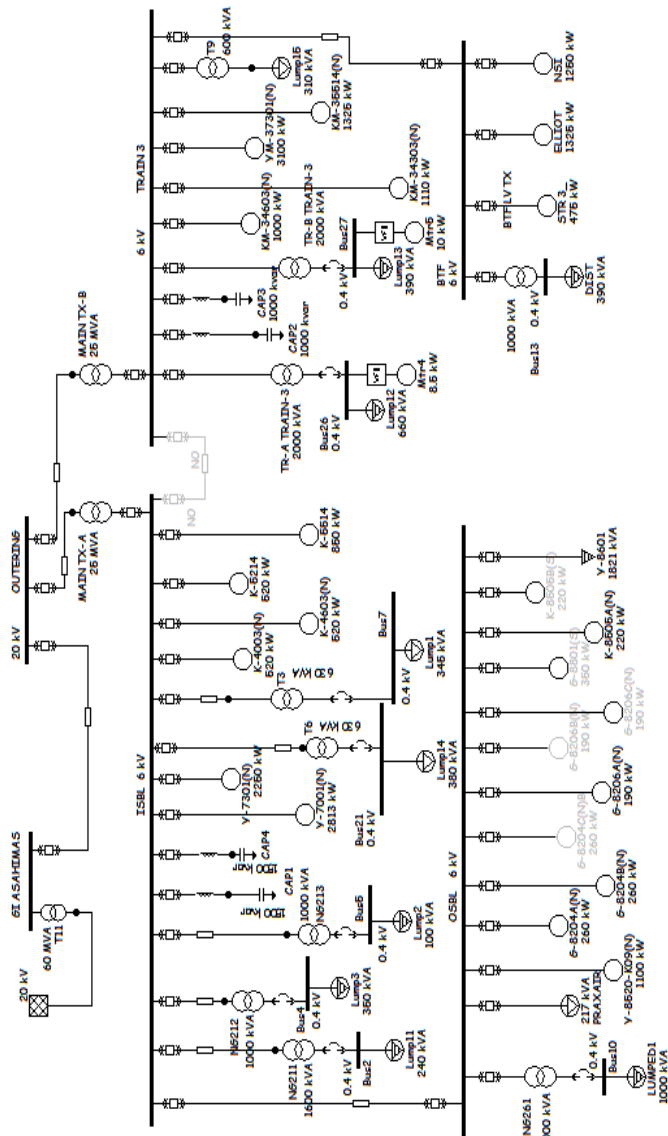
No	ID Lump	Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Daya (kVA)
1	Lump 39	0,4	1250

3.2 Sistem Kelistrikan pada PT. Tri Polyta

PT. Tri Polyta merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi bahan dasar plastik. PT Tri Polyta mendapatkan suplai listrik dari PLN dengan kapasitas daya 25 MVA yang kemudian tegangan diturunkan melalui transformator T11 dengan kapasitas 60 MVA menjadi tegangan 20 kV dari tegangan asli 150 kV. Selanjutnya, tegangan 20 kV disalurkan ke bus ISBL melalui transformator Main TX-A dan bus TRAIN-3 melalui transformator Main TX-B. Bus ISBL dan bus TRAIN-3 memiliki tegangan kerja sebesar 6 kV.

Setelah dilakukan integrasi dengan PT. Chandra Asri, suplai listrik dari PLN ke PT. Tri Polyta akan diputus dan digantikan dengan suplai listrik dari pembangkit yang dimiliki PT. Chandra Asri. Sedangkan suplai listrik dari PLN ke PT. Chandra Asri akan digunakan sebagai suplai cadangan listrik, sehingga dilakukan penambahan kapasitas total daya dari 30 MVA menjadi 60 MVA.

Dibawah ini merupakan single line diagram PT Tri Polyta sebelum di integrasikan :



Gambar 3.2 Single line diagram PT. Tri Polyta sebelum integrasi

3.2.1 Distribusi Daya Listrik PT. Tri Polyta

Sistem distribusinya terbagi atas 3 klarifikasi tegangan, antara lain sebagai berikut:

1. Distribusi tegangan 20 kV
Tegangan sebesar 20 kV didapatkan dari bus GI Asahimas yang disuplai langsung oleh PLN. Tegangan 20 kV ini kemudian disalurkan ke bus ISBL melalui transformator Main TX-A dan bus TRAIN-3 melalui transformator Main TX-B. Kedua transformator ini memiliki kapasitas daya masing-masing 26 MVA.
2. Distribusi tegangan 6 kV
Tegangan sebesar 6 kV didapatkan dari hasil penurunan tegangan dari 20 kV menjadi 6 kV melalui transformator Main TX-A dan transformator Main TX-B yang berasal dari bus GI Asahimas yang disuplai langsung oleh PLN. Terdapat 4 bus dengan tegangan kerja 6 kV, yaitu bus ISBL, OSBL, TRAIN 3, BTF. Keempat bus tersebut memiliki fungsi untuk menyuplai beban-beban dengan daya besar dan untuk keperluan distribusi daya listrik dengan tegangan 0.4 kV.
3. Distribusi tegangan 0,4 kV
Tegangan sebesar 0,4 kV didapatkan dari hasil penurunan tegangan dari tegangan 6 kV menjadi 0,4 kV dengan menggunakan transformator. Tegangan 0.4 kV ini digunakan untuk menyuplai beban motor-motor dengan daya kecil, beban statis serta untuk keperluan penerangan. Distribusi tegangan 0.4 kV digunakan pada bus 101, 104, 107, 109, 111, 113, 114, dan bus 107.

Dari uraian klasifikasi tegangan diatas dapat disimpulkan bahwa transformator merupakan alat yang penting untuk menunjang proses distribusi daya listrik di PT. Tri Polyta. Dibawah ini merupakan daftar transformator yang terdapat di PT. Tri Polyta:

Tabel 3.14 Daftar Transformator Daya di PT. Tri Polyta

No	ID Trafo	Kapasitas (kVA)	Tegangan (kV)	Terhubung pada bus
1	Main TX-A	26000	20 ke 6	ISBL
2	Main TX-B	26000	20 ke 6	Train 3
3	T 30	1600	6 ke 0,4	bus 104
4	T 31	1000	6 ke 0,4	bus 107
5	T 32	1000	6 ke 0,4	bus 109
6	T 38	630	6 ke 0,4	bus 121
7	T 33	630	6 ke 0,4	bus 111
8	T 34	2000	6 ke 0,4	bus 113
9	T 35	2000	6 ke 0,4	bus 114
10	T 29	2000	6 ke 0,4	bus 101
11	T 37	1000	6 ke 0,4	bus 117
12	T 36	600	6 ke 0,4	bus 116

3.2.2 Klasifikasi Beban PT Tri Polyta

Pada PT. Tri Polyta dibagi menjadi 2 feeder utama, yaitu feeder bus ISBL yang disuplai oleh transformator Main TX-A dan feeder bus TRAIN 3 yang disuplai oleh transformator Main TX-B. Kedua feeder utama tersebut memiliki tegangan kerja sebesar 6 kV.

1. Bus ISBL

Pada bus ISBL terdapat banyak circuit breaker yang fungsinya selain untuk pengaman juga sebagai penyalur dan pemutus aliran daya. Di salah satu circuit breaker pada substation ISBL digunakan untuk menyuplai daya listrik ke substation OSBL melalui CB252. Data beban-beban motor pada bus ISBL ditunjukkan pada tabel 3.15 sedangkan data beban lump

ditunjukkan pada tabel 3.16. Untuk data beban-beban motor pada substation OSBL ditunjukkan pada tabel 3.17 sedangkan data beban lump ditunjukkan pada tabel 3.18.

Tabel 3.15 Data Motor Pada Substation ISBL

No	ID Motor	Tegangan kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
1	Mtr 80	6	2813
2	Mtr 79	6	2250
3	Mtr 78	6	520
4	Mtr 66	6	520
5	Mtr 67	6	520
6	Mtr 68	6	850

Tabel 3.16 Data Lump Pada Substation ISBL

No	ID lump	Tegangan kerja (kV)	Kapasitas Daya (kVA)
1	Lump 42	0,4	240
2	Lump 43	0,4	350
3	Lump 44	0,4	100
4	Lump 50	0,4	380
5	Lump 45	0,4	345

Tabel 3.17 Data Motor Pada Substation OSBL

No	ID Motor	Tegangan kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
1	Mtr 57	6	1100
2	Mtr 58	6	260
3	Mtr 56	6	260
4	Mtr 59	6	260
5	Mtr 60	6	190
6	Mtr 61	6	190
7	Mtr 62	6	190
8	Mtr 63	6	350
9	Mtr 64	6	220

Tabel 3.18 Data Lump Pada Substation OSBL

No	ID lump	Tegangan kerja (kV)	Kapasitas Daya (kVA)
1	Lump 40	0,4	1000
2	Load 13	0,4	1821

2. Bus TRAIN 3

Pada bus TRAIN 3 terdapat salah satu circuit breaker yaitu CB 280 yang menyuplai ke substation BTF. Data beban-beban motor pada bus TRAIN 3 ditunjukkan pada tabel 3.19 sedangkan data beban lump ditunjukkan pada tabel 3.20. Untuk data beban-beban motor pada substation BTF ditunjukkan pada tabel 3.21 sedangkan data beban lump ditunjukkan pada tabel 3.22.

Tabel 3.19 Data Motor Pada Substation TRAIN 3

No	ID Motor	Tegangan kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
1	Mtr 74	6	1325
2	Mtr 73	6	3100
3	Mtr 71	6	1000
4	Mtr 72	6	1110
5	Mtr 70	0,4	10
6	Mtr 69	0,4	8,5

Tabel 3.20 Data Lump Pada Substation TRAIN 3

No	ID Motor	Tegangan kerja (kV)	Kapasitas Daya (kVA)
1	lump 46	0,4	660
2	lump 47	0,4	390
3	lump 48	6	310

Tabel 3.21 Data Motor Pada Substation BTF

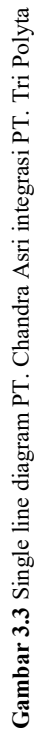
No	ID Motor	Tegangan kerja (kV)	Kapasitas Daya (kW)
1	Mtr 77	6	475
2	Mtr 75	6	1325
3	Mtr 76	6	1250

Tabel 3.22 Data Lump Pada Substation BTF

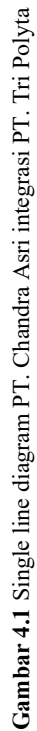
No	ID lump	Tegangan kerja (kV)	Kapasitas Daya (kVA)
1	Lump 49	0,4	390

PT Tri Polyta membutuhkan kontinuitas daya listrik yang baik dan stabil karena proses produksi dilakukan secara berurutan sehingga apabila suplai listrik terputus maka plastik yang diproses akan sulit untuk diuraikan lagi dan hal tersebut dapat menimbulkan kerugian pada perusahaan.

Setelah dilakukan integrasi antara PT Chandra Asri dan PT Tri Polyta, Single line diagram sistem kelistrikan menjadi seperti berikut :



4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PT. Chandra Asri dan PT. Tri Polyta



Pada bab ini akan membahas hasil simulasi beserta analisa keding tegangan akibat gangguan hubung singkat di PT. Chandra Asri dan PT. Tri Polyta. Gambar 4.1 di bawah merupakan single line diagram utama beserta parameter peralatannya.

Dari pemodelan di atas selanjutnya dilakukan simulasi untuk analisa keding tegangan, dimana prasarana simulasi tersebut menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Sebelumnya dari hasil simulasi aliran daya didapatkan data-data pembangkitan dan pembebanan seperti dicantumkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Data Pembangkitan

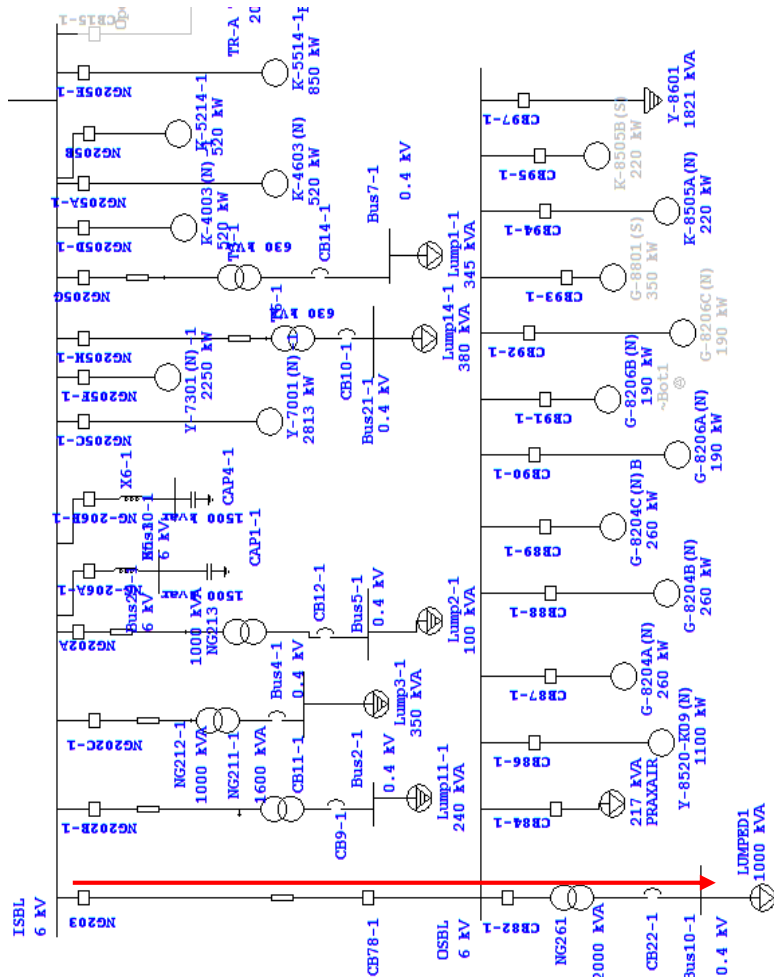
ID	Rating	Rated kV	MW	Mvar
GTG	33 MW	11	8	0.215
PLN	500 MVA	20	42,373	33,709
STG	20 MW	11	14	0.175

Tabel 4.2 Data Pembebanan

Type	Rating	kW	kvar	% PF
Static load	1821 kVA	494	371	80
Lumped load	34.684 kVA	18.361,503	11.755,418	83,5
Motor load	69.223 kW	45.043,29	23.012,616	85,8

4.2 Tipikal

4.2.1 Tipikal 1 Network-3

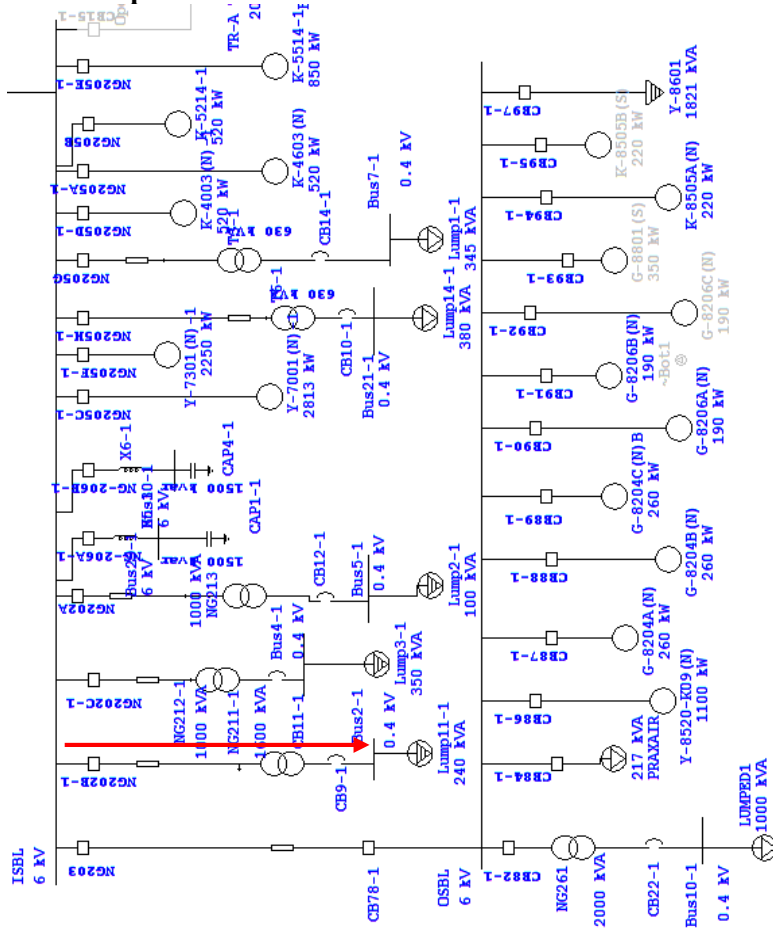


Gambar 4.2 Tipikal 1 Network-3

Tabel 4.4 Setting CB Tipikal 2 Network-3

NO	NAMA CB	TIME DELAY (S)
1	CB 84-1	0,1
2	CB 78-1	0,3
3	NG203	0,3

4.2.3 Tipikal 3 Network-3

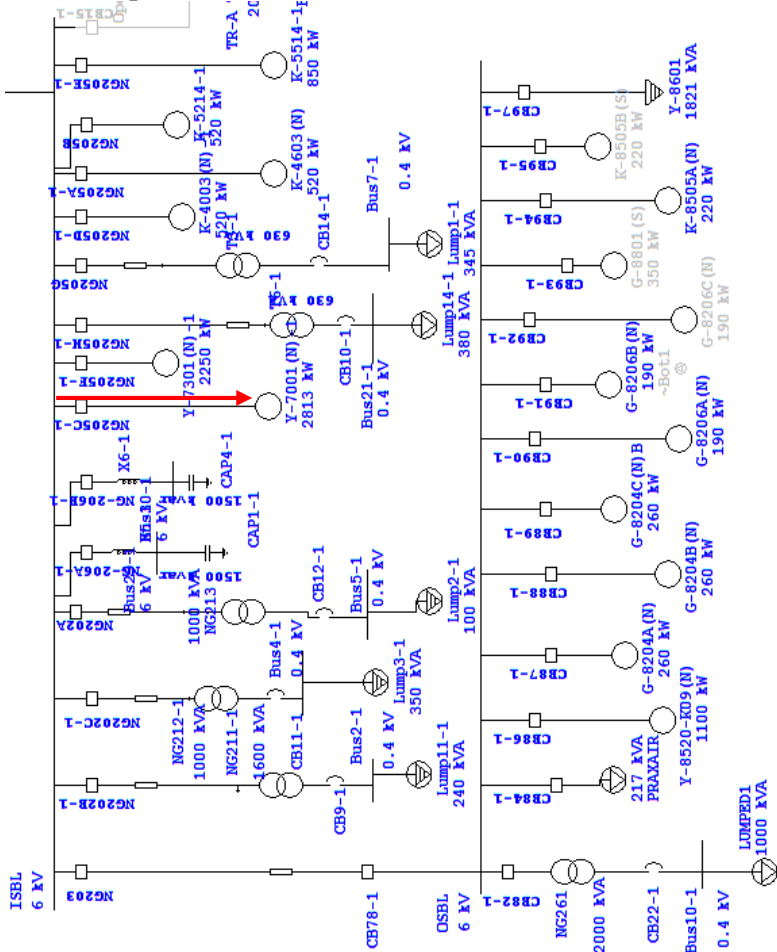


Gambar 4.4 Tipikal 3 Network-3

Tabel 4.5 Setting CB Tipikal 3 Network-3

NO	NAMA CB	TIME DELAY (S)
1	CB 9-1	0,3
2	NG202B-1	0,3

4.2.4 Tipikal 4 Network-3

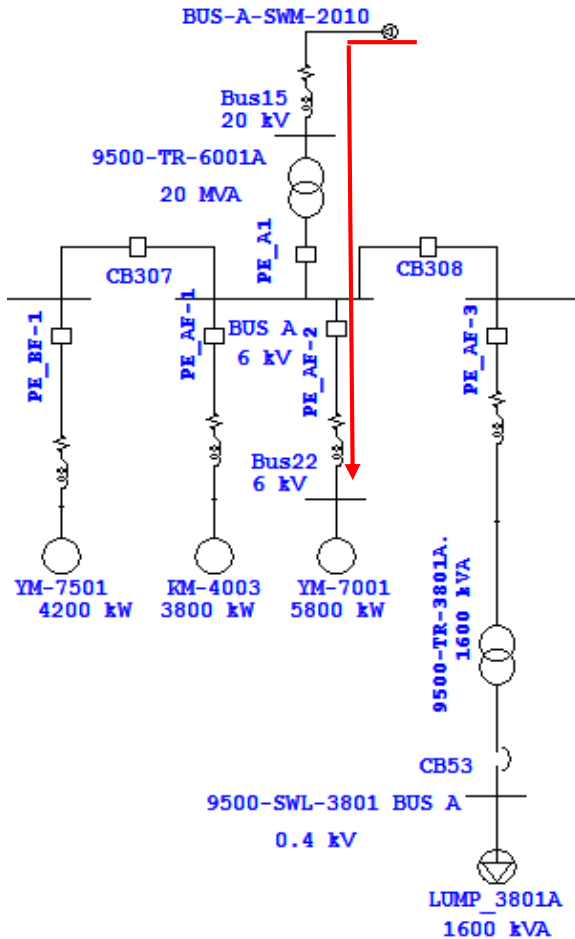


Gambar 4.5 Tipikal 4 Network-3

Tabel 4.6 Setting CB Tipikal 4 Network-3

NO	NAMA CB	TIME DELAY (S)
1	NG205C-1	0,3

4.2.5 Tipikal 1 Polyethylene

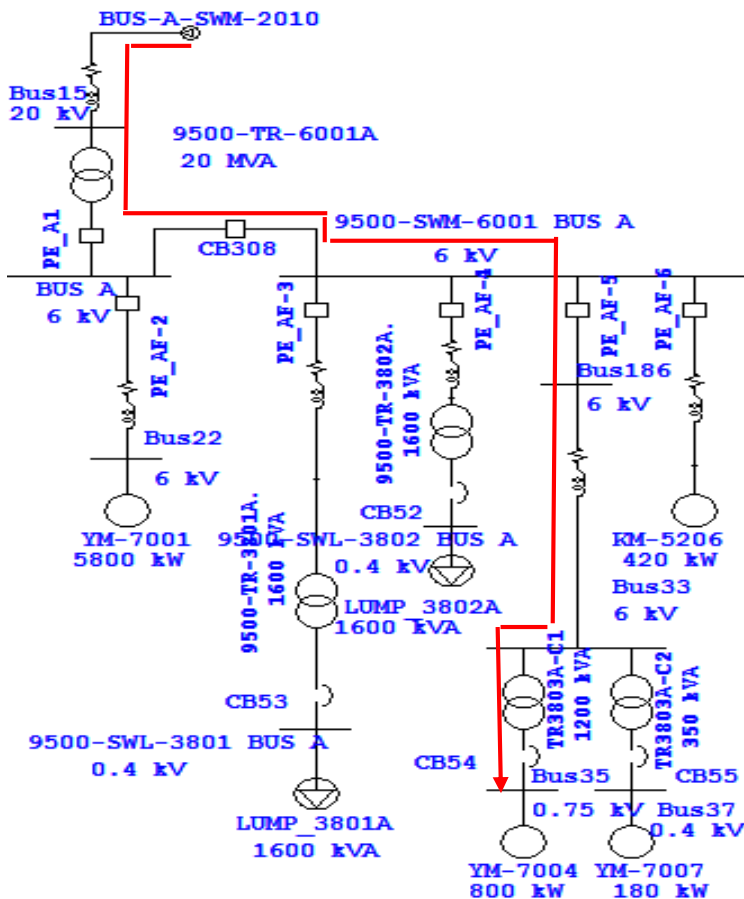


Gambar 4.6 Tipikal 1 Polyethylene

Tabel 4.7 Setting CB Tipikal 1 Polyethylene

NO	NAMA CB	TIME DELAY (S)
1	PE AF-2	0,1
2	CB 308	0,3
2	PE A1	0,5

4.2.6 Tipikal 2 Polyethylene

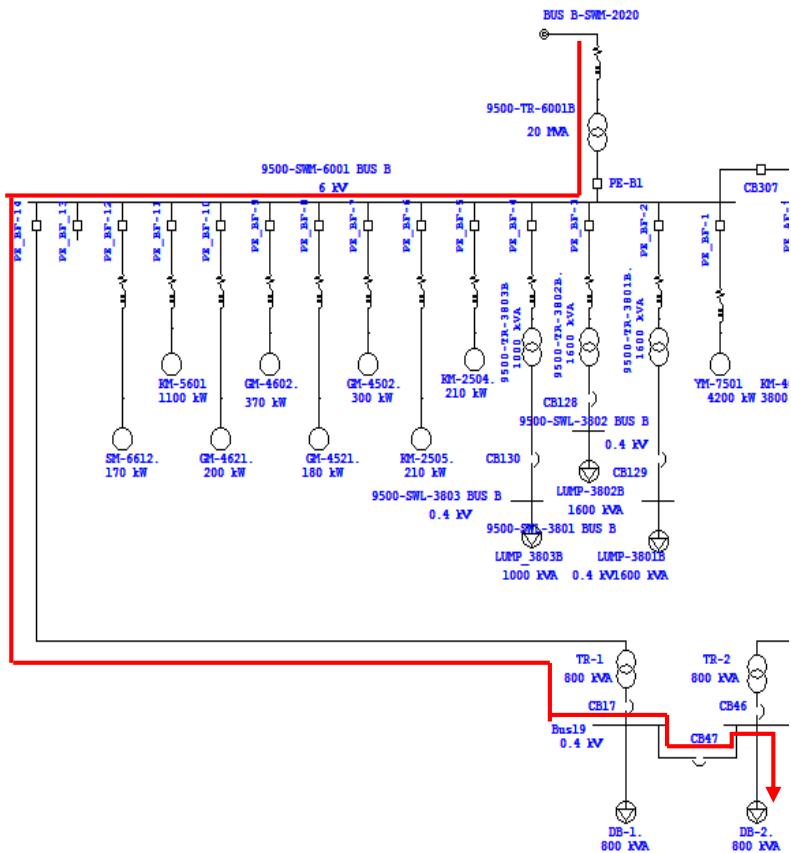


Gambar 4.7 Tipikal 2 Polyethylene

Tabel 4.8 Setting CB Tipikal 2 Polyethylene

NO	NAMA CB	TIME DELAY (S)
1	CB 54	0,1
2	PE_AF-6	0,1
3	CB 308	0,3
4	PE_A1	0,5

4.2.6 Tipikal 3 Polyethylene

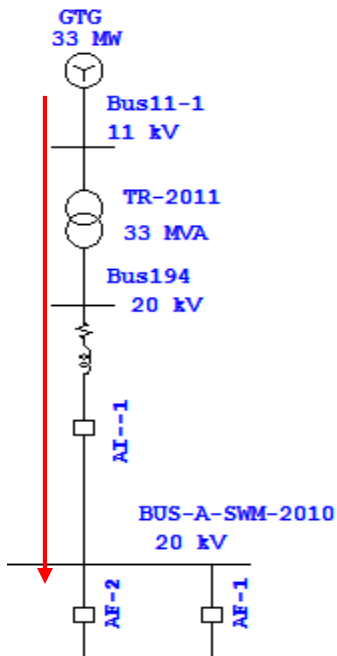


Gambar 4.8 Tipikal 3 Polyethylene

Tabel 4.9 Setting CB Tipikal 3 Polyethylene

NO	NAMA CB	TIME DELAY (S)
1	CB 47	0,1
2	CB 17	0,3
3	PE_BE-14	0,1
4	PE-B1	0,3

4.2.7 Tipikal 1 OLV 1



Gambar 4.9 Tipikal 1 OLV 1

Tabel 4.10 Setting CB Tipikal 1 OLV 1

NO	NAMA CB	TIME DELAY (S)
1	AF-1	0,1
2	AF-2	0,1
3	AI-1	0,3

4.3 Studi Kasus

Pada simulasi ini dilakukan analisis di PT. Chandra Asri dan PT. Tri Polyta yang meliputi transien akibat hubung singkat dengan memperhatikan respon tegangan pada system. Studi kasus gangguan yang digunakan pada simulasi ini akan ditunjukkan pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Studi Kasus Hubung Singkat

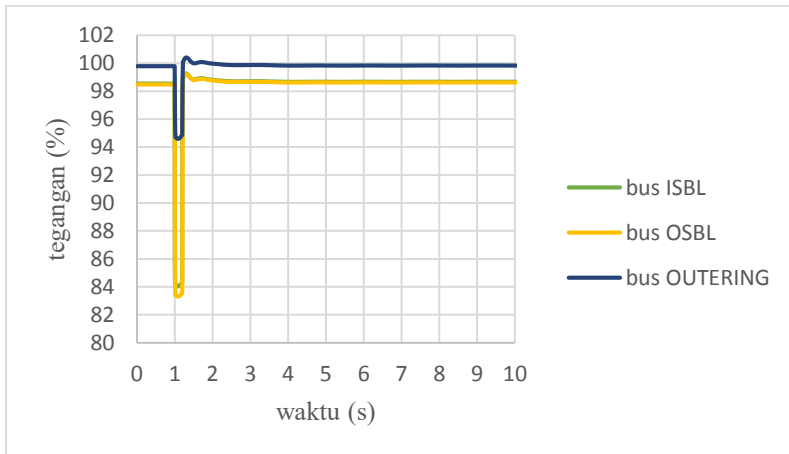
Studi Kasus		Keterangan Kasus	Aksi	Waktu (detik)	Tegangan Bus
1	SC1	Short Circuit 3 fasa (Bus 10-1)	➤ Bus 10-1 fault ➤ CB 22-1 open	➤ 1 ➤ 1,22	0,4 kV
2	SC2	Short Circuit 3 fasa (Bus 22)	➤ Bus 22 fault ➤ CB PE_AF-2 open	➤ 5 ➤ 5,22	6 kV
3	SC3	Short Circuit 3 fasa (Bus 35)	➤ Bus 35 fault ➤ CB 54 open	➤ 1 ➤ 1,22	0,75 kV
4	SC4	Short Circuit 3 fasa (Bus-A-SWM-2010)	➤ Bus-A-SWM-2010 fault ➤ CB AI-1 open	➤ 3 ➤ 3,42	20 kV
5	SC5	Short Circuit 1 fasa ke tanah (Bus-A-SWM-2010)	➤ Bus-A-SWM-2010 fault ➤ CB AI-1 open	➤ 3 ➤ 3,42	20 kV
6	SC6	Short Circuit 1 fasa ke tanah (Bus 35)	➤ Bus 35 fault ➤ CB 54 open	➤ 1 ➤ 1,22	0,75 kV
7	SC7	Short Circuit 1 fasa ke tanah (Bus 22)	➤ Bus 22 fault ➤ CB PE_AF-2 open	➤ 5 ➤ 5,22	6 kV
8	SC8	Short Circuit 1 fasa ke tanah (Bus 10-1)	➤ Bus 10-1 fault ➤ CB 22-1 open	➤ 1 ➤ 1,22	0,4 kV

4.4 Analisa Simulasi Transien

4.4.1 Studi Kasus 1

Pada kondisi normal dimana PLN, generator GTG, dan generator STG terintegrasi, masing-masing mensuplai beban sebesar 42,373 MW (PLN), 8 MW (GTG), 14 MW (STG). PLN merupakan bus infinite dengan mode operasi sebagai *swing*, sedangkan generator GTG dan STG sebagai *voltage control*.

Gangguan hubung singkat adalah gangguan yang paling sering terjadi. Gangguan hubung singkat dapat menyebabkan sistem keluar dari batas kestabilan. Simulasi akan dijalankan dengan skenario hubung singkat 3 fasa pada bus 10-1 dengan tegangan kerja sebesar 0,4 kV di detik ke 1. Pada kasus ini menggunakan Tipikal 1 Network-3 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2. Selanjutnya untuk menanggulangi terjadinya hubung singkat, CB 22-1 pada bus tersebut terbuka 0,22 detik setelah gangguan. Berikut adalah hasil simulasi untuk kasus tersebut.

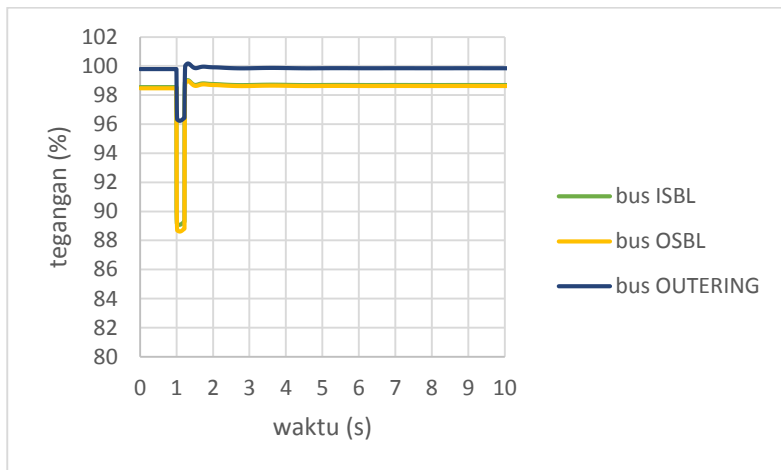


Gambar 4.10 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC1

Setelah terjadi hubung singkat 3 fasa pada bus 10-1 di detik ke 1, pada bus ISBL terjadi kedip tegangan mencapai 84% dari nominal tegangan. Tegangan bus ISBL adalah 6 kV. Pada bus OSBL terjadi kedip tegangan mencapai 83,3 % dari nominal tegangan. Tegangan bus OSBL adalah 6 kV. Pada bus OUTERING terjadi kedip tegangan sebesar 94,6

dari nominal tegangan. Tegangan bus OUTERING adalah 20 kV. Ketiga nilai kedip tegangan terjadi dalam kurun waktu 0,22 detik. Menurut standar SEMI-F47 batas waktu yang diijinkan untuk kedip tegangan $\leq 50\%$ adalah 0,2 detik, sehingga jangka waktu penurunan tegangan harus diantisipasi dengan CB harus membuka kurang atau sama dengan 0,2 detik. Maka sistem ini dapat berjalan dengan aman dikarenakan telah memenuhi standar tersebut.

Dilihat dari kurva tersebut, kedip tegangan paling besar terjadi di bus ISBL. Ini dikarenakan besarnya kedip tegangan maksimal terjadi pada tempat gangguan hubung singkat tersebut berada dan yang berada dekat pada titik gangguan. Turunnya tegangan tersebut disebabkan hubung singkat menyebabkan aliran arus yang berada di sekitar bus meningkat sehingga menyebabkan turun tegangan.

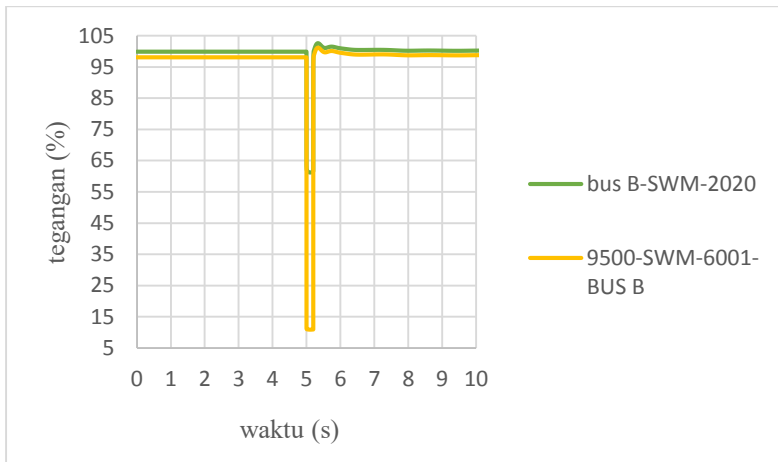


Gambar 4.11 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC1 setelah diberi CLR (Current Limiting Reactor)

Setelah diberi CLR (Current Limiting Reactor) di dekat dengan titik gangguan, kedip tegangan yang dihasilkan menjadi lebih kecil. dapat dilihat pada gambar 4.11, pada bus ISBL menunjukkan kedip tegangan sebesar 89,1 %. Pada bus OSBL menunjukkan kedip tegangan sebesar 88,6%. Pada bus OUTERING menunjukkan kedip tegangan sebesar 96,2%. Untuk rating dari CLR memiliki impedansi 0,7 ohm.

4.4.2 Studi Kasus 2

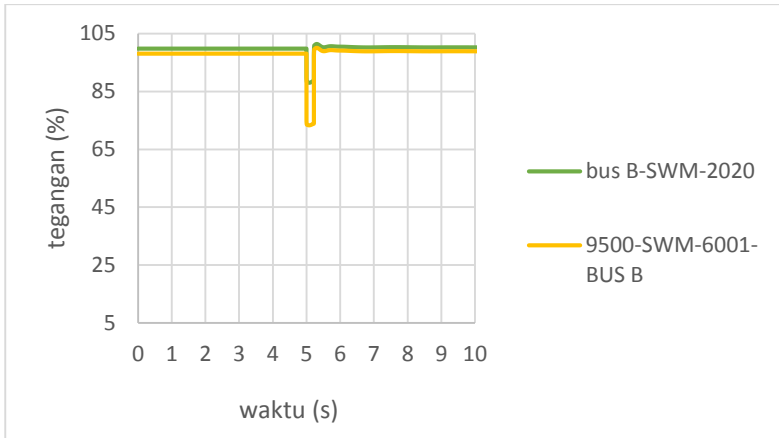
Simulasi akan dijalankan dengan skenario hubung singkat 3 fasa pada bus 22 yang terhubung langsung dengan motor terbesar YM-7001 dengan kapasitas 5800 kW di detik ke 5. Tegangan bus 22 adalah 6 kV. Pada kasus ini menggunakan Tipikal 1 Polyethylene seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6. Selanjutnya untuk menanggulangi terjadinya hubung singkat, CB 22-1 pada bus tersebut terbuka 0,22 detik setelah gangguan. Berikut adalah hasil simulasi untuk kasus tersebut.



Gambar 4.12 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC2

Setelah terjadi hubung singkat pada bus 22 di detik ke 5, pada bus B-SWM-2020 terjadi kedip tegangan sebesar 61,3 % dari tegangan nominal. Tegangan bus B-SWM-2020 adalah 20 kV. Pada bus ini telah memenuhi standar SEMI F-47, sehingga sistem dapat berjalan dengan aman.

Namun pada 9500-SWM-6001-BUS B terjadi kedip tegangan mencapai 10,9 % dari tegangan nominal. Tegangan bus tersebut adalah 6 kV. Pada bus ini tidak memenuhi standar, sehingga sistem dalam keadaan berbahaya. Untuk mencegah hal yang tidak diinginkan maka pada system diberi CLR (Current Limiting Reactor). Peralatan ini berguna untuk mengurangi kedip tegangan.

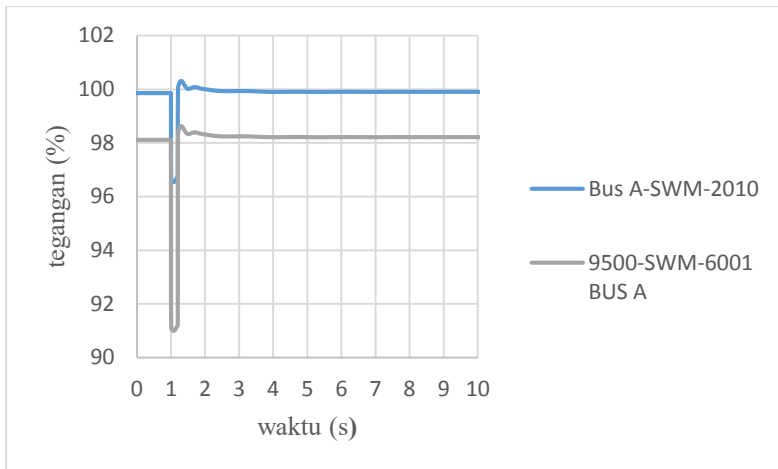


Gambar 4.13 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC2 setelah diberi CLR (Current Limiting Reactor)

Setelah diberi CLR (Current Limiting Reactor) di dekat dengan titik gangguan, kedip tegangan yang dihasilkan menjadi lebih kecil. Dapat dilihat pada gambar 4.13, pada bus B-SWM-2020 menunjukkan kedip tegangan sebesar 73,3 %. Pada 9500-SWM-6001-BUS B menunjukkan kedip tegangan sebesar 88 %. Untuk rating dari CLR memiliki impedansi 0,35 ohm.

4.4.3 Studi Kasus 3

Simulasi akan dijalankan dengan skenario hubung singkat 3 fasa pada bus 35 dengan tegangan kerja sebesar 0,75 kV di detik ke 1. Pada kasus ini menggunakan Tipikal 2 Polyethylene seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7. Selanjutnya untuk menanggulangi terjadinya hubung singkat, CB 54 pada bus tersebut terbuka 0,22 detik setelah gangguan. Berikut adalah hasil simulasi untuk kasus tersebut.



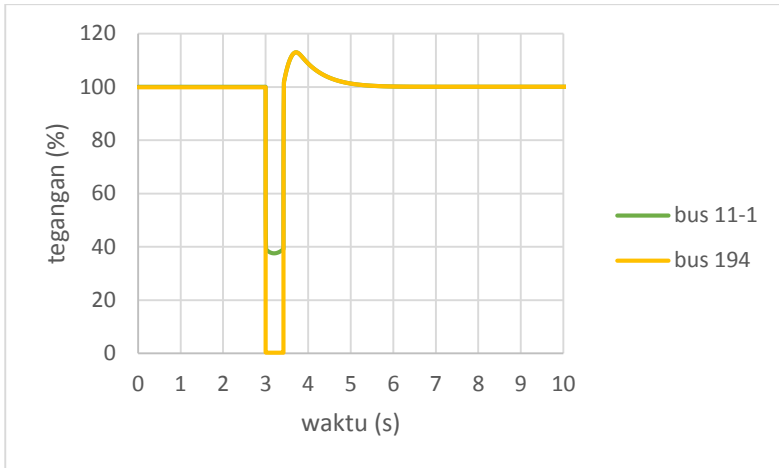
Gambar 4.14 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC3

Setelah terjadi hubung singkat pada bus 35 di detik ke 1, pada bus A-SWM-2010 terjadi kedip tegangan sebesar 96,5 % dari tegangan nominal. Tegangan bus A-SWM-2010 adalah 20 kV. Pada bus ini telah memenuhi standar SEMI F-47, sehingga sistem dapat berjalan dengan aman.

Pada 9500-SWM-6001-BUS A terjadi kedip tegangan sebesar 91 % dari tegangan nominal. Tegangan 9500-SWM-6001-BUS A adalah 6 kV. Pada bus ini telah memenuhi standar SEMI F-47, sehingga sistem dapat berjalan dengan aman.

4.4.4 Studi Kasus 4

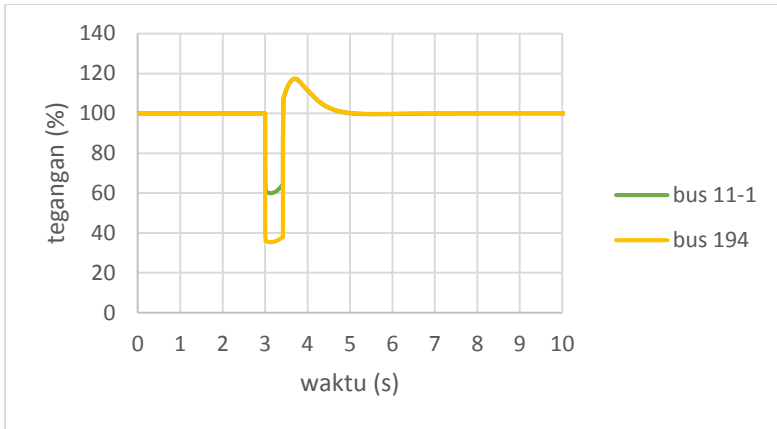
Simulasi akan dijalankan dengan skenario hubung singkat 3 fasa pada Bus-A-SWM-2010 dengan tegangan kerja sebesar 20 kV di detik ke 3. Pada kasus ini menggunakan Tipikal 1 OLV 1 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9. Selanjutnya untuk menanggulangi terjadinya hubung singkat, CB AI-1 pada bus tersebut terbuka 0,42 detik setelah gangguan. Berikut adalah hasil simulasi untuk kasus tersebut.



Gambar 4.15 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC4

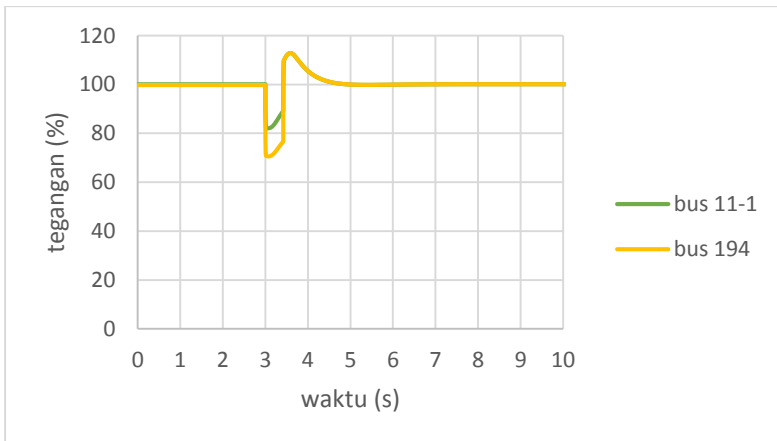
Setelah terjadi hubung singkat 3 phasa pada Bus-A-SWM-2010 di detik ke 3, pada bus 11-1 terjadi kedip tegangan sebesar 37,5 % dari tegangan nominal. Tegangan bus 11-1 adalah 11 kV. Pada bus ini tidak memenuhi standar SEMI F-47, sehingga sistem tidak dapat berjalan dengan aman. Untuk mencegah hal yang tidak diinginkan maka pada system diberi CLR (Current Limiting Reactor). Peralatan ini berguna untuk mengurangi kedip tegangan.

Pada bus 194 terjadi kedip tegangan mencapai 0,3 % dari tegangan nominal. Tegangan bus 194 adalah 20 kV. Nilai ini mendekati 0 dikarenakan letak bus berdekatan dengan letak bus gangguan. Pada bus ini tidak memenuhi standar SEMI F-47, sehingga sistem tidak dapat berjalan dengan aman. Sama seperti kasus diatas, untuk mengurangi besarnya kedip tegangan, pada system diberi CLR (Current Limiting Reactor).



Gambar 4.16 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC4 setelah diberi CLR (Current Limiting Reactor)

Setelah diberi CLR (Current Limiting Reactor) di dekat dengan titik gangguan, kedip tegangan yang dihasilkan menjadi lebih kecil. Dapat dilihat pada gambar 4.16, pada bus 11-1 menunjukkan kedip tegangan sebesar 60 %. Pada bus 194 menunjukkan kedip tegangan sebesar 35,4 %. Untuk rating dari CLR memiliki impedansi 2 ohm.

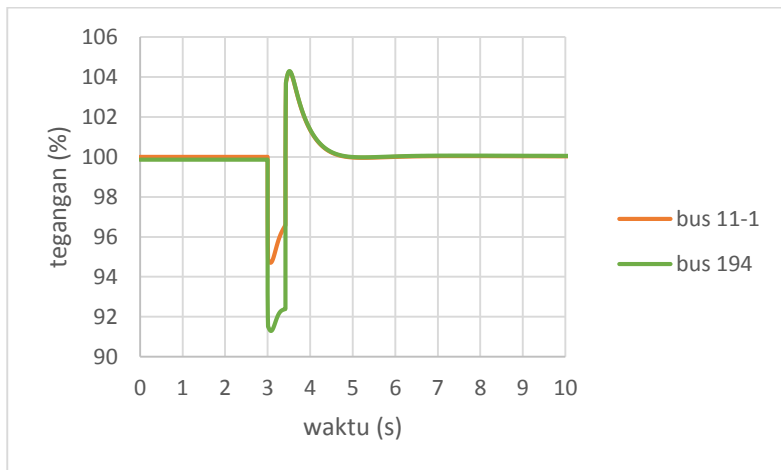


Gambar 4.17 Respon Tegangan Hubung Singkat 3 Fasa SC4 setelah diberi CLR (Current Limiting Reactor)

Setelah diberi CLR (Current Limiting Reactor) di dekat dengan titik gangguan, kedip tegangan yang dihasilkan menjadi lebih kecil. Dapat dilihat pada gambar 4.17, pada bus 11-1 menunjukkan kedip tegangan sebesar 82 %. Pada bus 194 menunjukkan kedip tegangan sebesar 70,5 %. Untuk rating dari CLR memiliki impedansi 8,5 ohm.

4.4.5 Studi Kasus 5

Simulasi akan dijalankan dengan skenario hubung singkat 1 phasa ke tanah pada Bus-A-SWM-2010 dengan tegangan kerja sebesar 20 kV di detik ke 3. Pada kasus ini menggunakan Tipikal 1 OLV 1 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9. Selanjutnya untuk menanggulangi terjadinya hubung singkat, CB AI-1 pada bus tersebut terbuka 0,42 detik setelah gangguan. Berikut adalah hasil simulasi untuk kasus tersebut.



Gambar 4.18 Respon Tegangan Hubung Singkat 1 Phasa ke Tanah SC5

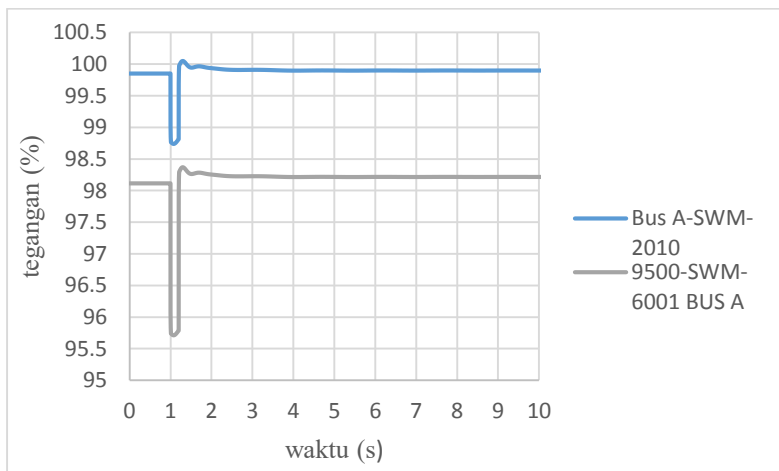
Setelah terjadi hubung singkat 1 phasa ke tanah pada Bus-A-SWM-2010 di detik ke 3, pada bus 11-1 terjadi kedip tegangan sebesar 94,8 % dari tegangan nominal. Tegangan bus 11-1 adalah 11 kV. Pada bus ini memenuhi standar SEMI F-47, sehingga sistem dapat berjalan dengan aman.

Pada bus 194 terjadi kedip tegangan mencapai 91,3 % dari tegangan nominal. Tegangan bus 194 adalah 20 kV. Pada bus ini telah

memenuhi standar SEMI F-47, sehingga sistem dapat berjalan dengan aman.

4.4.6 Studi Kasus 6

Simulasi akan dijalankan dengan skenario hubung singkat 1 phasa ke tanah pada bus 35 dengan tegangan kerja sebesar 0,75 kV di detik ke 1. Pada kasus ini menggunakan Tipikal 2 Polyethylene seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7. Selanjutnya untuk menanggulangi terjadinya hubung singkat, CB 54 pada bus tersebut terbuka 0,22 detik setelah gangguan. Berikut adalah hasil simulasi untuk kasus tersebut.



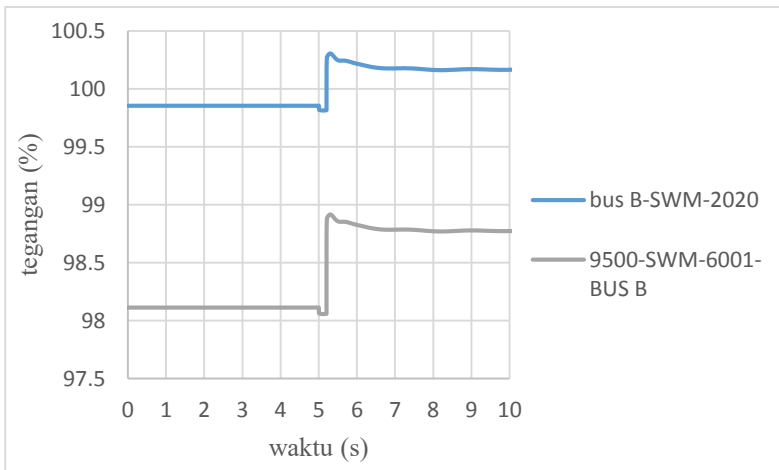
Gambar 4.19 Respon Tegangan Hubung Singkat 1 Phasa ke Tanah SC6

Setelah terjadi hubung singkat 1 phasa ke tanah pada bus 35 di detik ke 1, pada bus A-SWM-2010 terjadi kedip tegangan sebesar 98,7 % dari tegangan nominal. Tegangan bus A-SWM-2010 adalah 20 kV. Pada bus ini telah memenuhi standar SEMI F-47, sehingga sistem dapat berjalan dengan aman.

Pada 9500-SWM-6001-BUS A terjadi kedip tegangan sebesar 95,7 % dari tegangan nominal. Tegangan 9500-SWM-6001-BUS A adalah 6 kV. Pada bus ini telah memenuhi standar SEMI F-47, sehingga sistem dapat berjalan dengan aman.

4.4.7 Studi Kasus 7

Simulasi akan dijalankan dengan skenario hubung singkat 1 phasa ke tanah pada bus 22 yang terhubung langsung dengan motor terbesar YM-7001 dengan kapasitas 5800 kW di detik ke 5. Pada kasus ini menggunakan Tipikal 1 Polyethylene seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6. Tegangan bus 22 adalah 6 kV. Selanjutnya untuk menanggulangi terjadinya hubung singkat, CB 22-1 pada bus tersebut terbuka 0,22 detik setelah gangguan. Berikut adalah hasil simulasi untuk kasus tersebut.



Gambar 4.20 Respon Tegangan Hubung Singkat 1 Phasa ke Tanah SC7

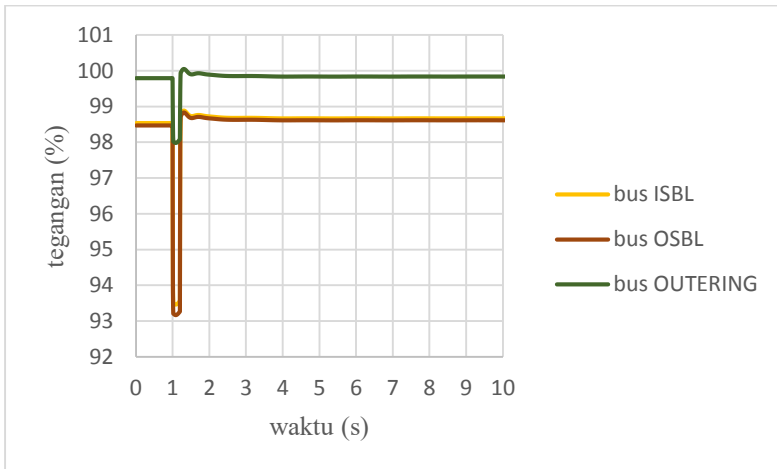
Setelah terjadi hubung singkat 1 phasa ke tanah pada bus 22 di detik ke 5, pada bus B-SWM-2020 terjadi kedip tegangan sebesar 99,8 % dari tegangan nominal. Tegangan bus B-SWM-2020 adalah 20 kV. Pada bus ini telah memenuhi standar SEMI F-47, sehingga sistem dapat berjalan dengan aman.

Pada 9500-SWM-6001-BUS B terjadi kedip tegangan sebesar 98 % dari tegangan nominal. Tegangan bus tersebut adalah 6 kV. Pada bus ini telah memenuhi standar, sehingga sistem dapat berjalan dengan aman.

4.4.8 Studi Kasus 8

Simulasi akan dijalankan dengan skenario hubung singkat 1 phasa ke tanah pada bus 10-1 dengan tegangan kerja sebesar 0,4 kV di

detik ke 1. Pada kasus ini menggunakan Tipikal 1 Network-3 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2. Selanjutnya untuk menanggulangi terjadinya hubung singkat, CB 22-1 pada bus tersebut terbuka 0,22 detik setelah gangguan. Berikut adalah hasil simulasi untuk kasus tersebut.



Gambar 4.21 Respon Tegangan Hubung Singkat 1 Phasa ke Tanah SC8

Setelah terjadi hubung singkat 1 Phasa ke Tanah pada bus 10-1 di detik ke 1, pada bus ISBL terjadi kedip tegangan mencapai 93,5% dari nominal tegangan. Tegangan bus ISBL adalah 6 kV. Pada bus OSBL terjadi kedip tegangan mencapai 93,1 % dari nominal tegangan. Tegangan bus OSBL adalah 6 kV. Pada bus OUTERING terjadi kedip tegangan sebesar 98 % dari nominal tegangan. Tegangan bus OUTERING adalah 20 kV. Ketiga nilai kedip tegangan terjadi dalam kurun waktu 0,2 detik. Menurut standar SEMI-F47 batas waktu yang diijinkan untuk kedip tegangan $\leq 50\%$ adalah 0,2 detik, sehingga jangka waktu penurunan tegangan harus diantisipasi dengan CB harus membuka kurang atau sama dengan 0,2 detik. Maka sistem ini dapat berjalan dengan aman dikarenakan telah memenuhi standar tersebut.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil tugas akhir yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut;

1. Dari hasil simulasi transien akibat hubung singkat dapat diketahui sistem tenaga listrik PT. Chandra Asri dan PT. Tri Polyta sebagai berikut :
 - a. Dari data menunjukkan bahwa kedip tegangan yang muncul paling besar diakibatkan gangguan hubung singkat 3 fasa dibandingkan hubung singkat 1 fasa ke tanah
 - b. Dari hasil simulasi transien akibat gangguan hubung singkat 3 fasa maupun 1 fasa ke tanah, diketahui bahwa besar kedip tegangan akan semakin besar di bus-bus yang dekat dengan titik gangguan tersebut, kemudian nilai kedip tegangan akan mengecil seiring dengan jauhnya bus-bus yang lain dengan titik gangguan tersebut.
 - c. Pada SC4 didapatkan nilai kedip tegangan yang besar sampai dengan 0,3 % pada bus 194. Hal ini dikarenakan bus tersebut terletak berdekatan dengan titik gangguan hubung singkat. Sehingga sistem ini tidak berjalan dengan aman. Untuk mengatasi hal tersebut diberi sebuah peralatan yang dinamakan CLR (Current Limiting Reactor).
 - d. Setelah diberi peralatan CLR (Current Limiting Reactor), besar kedip tegangan berkurang signifikan tergantung dari impedansi reactor tersebut.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk memberikan sistem setelah melakukan analisis adalah sebagai berikut :

1. Untuk kasus hubung singkat SC2 dan SC4, saran kedepannya, nilai dari kedip tegangan/ *voltage sag* lebih diperhatikan secara mendalam agar tidak mempengaruhi kerja dari peralatan-peralatan elektronik atau peralatan control dalam pabrik/industri.
2. Bagi mahasiswa/ mahasiswi yang tertarik dan ingin mengembangkan tugas akhir penulis, hendaknya menyertakan cara mengatasi efek yang disebabkan oleh fenomena kedip tegangan secara mendetail.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions, "*Definition and Classification of Power System Stability*" *IEEE Transactions on Power system* , vol. 19, no. 2, may 2004.
- [2] Grainger, J.J., Stevenson, W.D., *Power System Analysis*, New York: McGraw-Hill, Inc, 1994
- [3] M. McGranaghan, D. Mueller, and M. Samotyj, "Voltage Sags In Industrial Systems," IEEE/IASI&CPS Annual Meeting, 1991, 91CH2990-0, pp.18-24.
- [4] Lamoree, J., Smith, J. C., Vinett, P., Duffy, T., and Klein, M., "Voltage Sag Analysis Case Studies". Electrotek Concepts, Inc. Knoxville, Tennessee
- [5] Turan Gonen, "Modern Power System Analysis," USA, 1988
- [6] Pacific Gas and Electric Company, "*Voltage Sag Immunity Standards SEMI-F47 and F42*", Power Quality Bulletin, 2007.
- [7] Budi Sidabutar "*Analisa Hubungan Singkat dan Motor Starting Dengan Menggunakan ETAP Power Station 4.0.*", Tugas Akhir, Medan, 2010
- [8] ETAP., "Load Flow Anaysis", ETAP Help Files, 2014.
- [9] http://www.chandra-asri.com/company_profile.php
- [10] Prasada Suroso, Aryawa. "*Analisa Stabilitas Transien Pada Sistem Kelistrikan Pt. Chandra Asri, Cilegon Akibat Integrasi Pln.*" Jurusan Teknik Elektro, Surabaya, 2012.

BIODATA PENULIS



Dhimas Dwi Sumarsono Syaputra, dilahirkan di kota Pasuruan, Jawa Timur pada 27 Juli 1994. Penulis adalah putra dari pasangan Edi Sumarsono dan Lilik Lestari. Memulai jenjang pendidikan di TK Dharma Wanita Gresik, kemudian melanjutkan pendidikan formal di SDN Sidokumpul II Gresik, SMPN 1 Gresik, dan SMAN 1 Gresik hingga lulus pada tahun 2012. Pada tahun itu juga, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis aktif di kepanitiaan lomba dan event di Teknik Elektro, Penulis dapat dihubungi melalui email dhimasdwi27@gmail.com